



# Melkveehouderij met minder mineralen

Effecten van scenario's met aangescherpte normen voor toelaatbare verliezen aan stikstof en fosfaat op economische en milieukundige bedrijfsresultaten

A.G.T. Schut, M.H.A. de Haan & D.F. ter Veer







# Melkveehouderij met minder mineralen

Effecten van scenario's met aangescherpte normen voor toelaatbare verliezen aan stikstof en fosfaat op economische en milieukundige bedrijfsresultaten

A.G.T. Schut<sup>1</sup>, M.H.A. de Haan<sup>2</sup> & D.F. ter Veer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Plant Research International

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek Animal Sciences Group

© 2004 Wageningen, Plant Research International B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Plant Research International B.V.

Exemplaren van dit rapport kunnen bij de (eerste) auteur worden besteld. Bij toezending wordt een factuur toegevoegd; de kosten (incl. verzend- en administratiekosten) bedragen € 50 per exemplaar.

## **Plant Research International B.V.**

Adres : Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
: Postbus 16, 6700 AA Wageningen  
Tel. : 0317 - 47 70 00  
Fax : 0317 - 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : <http://www.plant.wur.nl>

# Inhoudsopgave

	pagina
1. Samenvatting	1
2. Doel en werkwijze binnen Thema 5 van LNV-mineralenprogramma 398-1	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Werkwijze	3
3. Materiaal en Methode	5
3.1 Milieukundige Indicatoren	5
3.2 Scenario's met verdergaande normen	5
3.3 Maatregelen voor reductie van de nitraatconcentratie	6
3.4 Gebruikte modellen	6
3.4.1 Berekening van de hoeveelheid minerale stikstof in de bouwvoor	7
3.4.2 Van minerale N naar de nitraatconcentratie in het percolatiewater	9
3.5 Invoergegevens	10
3.5.1 Representatieve modelbedrijven	10
3.5.2 Veevoeding en beweiding	11
3.5.3 Gehanteerde prijzen voor aan- en verkoop	12
3.5.4 Gewasproductie	13
3.5.5 Bedrijfseconomie	14
4. Resultaten	15
4.1 Overschot op de werkelijke N balans	15
4.2 Tactische bedrijfsbeslissingen	16
4.3 Arbeidsopbrengst	19
4.4 Minerale stikstof (N <sub>min</sub> ) op zandgronden	19
4.5 Nitraatconcentratie in het percolatiewater	21
4.6 Het lot van het overschot	23
5. Discussie en conclusie	25
5.1 Uitgangspunten	25
5.2 Bedrijfsmanagement en arbeidsinkomen	26
5.3 Nitraatconcentraties	26
5.4 Het lot van het overschot	27
5.5 Plausibiliteit van modeluitkomsten	27
5.5 Belangrijkste conclusies	29
6. Referenties	31
Bijlage I. Algemene invoergegevens	4 pp.
Bijlage II. Bedrijfsspecifieke invoergegevens	2 pp.
Bijlage III. Validatie berekende nitraatconcentraties	2 pp.



# 1. Samenvatting

Het doel van deze studie was om milieu- en bedrijfskundige effecten op melkveehouderijbedrijven te evalueren als het toelaatbare mineralenoverschot (N, P) wordt verkleind. Er zijn een aantal scenario's doorgerekend met bedrijfsmodellen, waarbij het toelaatbare stikstof- en fosfaatoverschot stapsgewijs is verlaagd door meer balansposten mee te tellen. In het basisscenario is uitgegaan van MINAS-eindnormen. De aanscherpingen t.o.v. dit basisscenario bestonden uit : MINAS zonder diercorrectie, de symbiotische N-binding meetellen, een werkelijke balans gebruiken (geen diercorrectie, symbiotische N-binding en depositie wel meetellen). In deze scenarios bleven de toegelaten overschotten hetzelfde als in het basisscenario met MINAS-eindnormen. In twee verdergaande scenario's werd de werkelijke balans gebruikt met een reductie in het toelaatbare N-overschot van 55 kg en/of een reductie in het toelaatbare  $P_2O_5$ -overschot van 10 kg. De effecten zijn geëvalueerd met de modellen FARMMIN voor de biofysische aspecten en BBPR voor met name de bedrijfseconomische aspecten. Voor bedrijven op zandgrond is de nitraatconcentratie in het percolatiewater (water dat door de bouwvoor sijpelt) berekend. Er is gewerkt met een simpele benadering voor de berekening van de nitraatconcentratie, omdat er nog een vrij grote onzekerheid is over de nitraatuitspoeling gedurende het seizoen en onder urineplekken.

In totaal zijn 9 bedrijfstypen doorgerekend die representatief zijn voor de melkveehouderij: 3 bedrijven op droge zandgrond, 3 bedrijven op normale zandgrond, 2 bedrijven op kleigrond en 1 bedrijf op veengrond. De intensiteit varieerde van 11 tot 19.5 ton melk/ha. Op basis van eerder werk zijn economisch aantrekkelijke maatregelen geselecteerd waarmee deze bedrijven met zo weinig mogelijk kosten aan MINAS-eindnormen kunnen voldoen. De maatregelen verschilden per bedrijf en varieerden van minder jongvee aanhouden, P-arm krachtvoer gebruiken tot het geheel of gedeeltelijk vervangen van gras door een gras/klaver-mengsel.

De overschotten op de werkelijke N-balans lagen in het basisscenario tussen 74-280 kg N/ha, met de kleinste overschotten op het bedrijf op veengrond en de grootste overschotten op intensieve bedrijven op zandgrond. In het basisscenario werd op extensieve bedrijven (< 15 ton melk/ha) de MINAS-eindnorm onderschreden. Het gebruiken van de werkelijke balans brengt het overschot terug tot net iets boven 150 kg. Bij een verkleining van het toelaatbare N-overschot is het extra effect van een aanscherping van het toelaatbare  $P_2O_5$ -overschot gering. Dit komt doordat bij gebruik van een werkelijke balans intensieve bedrijven en bedrijven op droog zand mest afvoeren, waardoor automatisch het  $P_2O_5$ -overschot wordt verlaagd.

De optimale N-giften onder het basisscenario liggen tussen 180-400 kg werkzame N/ha voor grasland en tussen 90-130 kg werkzame N/ha voor maïsland. De optimale N-gift wordt op intensieve bedrijven sterk verlaagd (tot 200-250 kg/ha grasland) indien MINAS zonder diercorrectie wordt ingevoerd. Verdere aanscherping van het toelaatbare N-overschot had slechts een beperkt effect op de N-gift; wel wordt een steeds groter deel van de N-gift als kunstmest gegeven en een toenemend deel van de drijfmest afgevoerd.

Bedrijven met alleen gras/klaver kunnen de N-input moeilijk beperken, doordat verminderde N-bemesting vanzelf leidt tot een toename van de symbiotische N-binding door klaver. De enige manier om bij een volledige gras/klaver-teelt de N-verliezen te beperken is door relatief veel mest af te voeren of het areaal gras/klaver te verkleinen. Het scenario met MINAS zonder diercorrectie verlaagt het arbeidsinkomen t.o.v. het basisscenario op intensieve bedrijven met € 1000 tot € 2300. Het meetellen van de symbiotische N-binding verlaagt het arbeidsinkomen alleen op het bedrijf met volledige gras/klaver-teelt. Het scenario met de werkelijke balans leidt tot een sterke verlaging van de arbeidsopbrengst voor alle bedrijven (€ 0 tot € 4500), met uitzondering van het bedrijf op veengrond. Naast mestafvoerkosten nemen de kosten voor ruwvoeraankopen op de intensieve bedrijven (>15 ton melk/ha) ook sterk toe.

Bij een klein neerslagoverschot (183 mm op grasland en 219 mm op maïsland) overschrijden alle bedrijven op zandgrond de nitraatnorm van 50 mg/liter in het basisscenario, zelfs bij een geoptimaliseerde bedrijfsvoering waarbij het toegelaten N-overschot op extensieve bedrijven wordt onderschreden. Alleen de intensieve bedrijven (19.5 ton melk/ha) blijven onder 50 mg/liter percolatiewater als MINAS zonder diercorrectie wordt gebruikt; dit komt doordat

het toegelaten overschot op deze bedrijven sterk beperkt wordt in dit scenario. In het basisscenario met een gemiddeld neerslagoverschot (273 mm op grasland en 327 mm op maisland) blijven alle bedrijven onder 50 mg nitraat per liter percolatiewater met uitzondering van het bedrijf op droge zandgrond met 13.5 ton melk/ha waar gras/klavermengsels worden gebruikt op een gedeelte van het graslandareaal. De aanscherping van de toelaatbare N-overschotten reduceert de nitraatconcentratie in beperkte mate, zeker in verhouding tot de grote reductie in het toelaatbare overschot en arbeidsinkomen. Alleen het scenario met MINAS zonder diercorrectie heeft duidelijk effect op de nitraatconcentratie op intensieve bedrijven.

Voor het terugdringen van de nitraatconcentratie in het percolatiewater is het effectiever om gerichte maatregelen te nemen, zeker op bedrijven op zandgrond in de gebieden met een klein neerslagoverschot. Effectieve maatregelen kunnen zijn het verplicht stellen van een (effectief) vanggewas na of tijdens de teelt van maïs en het beperken van de beweidingduur. Deze twee maatregelen leiden tot een sterke verlaging van de gemiddelde nitraatconcentratie; bij een gemiddeld neerslagoverschot is alleen een aanscherping van de MINAS-eindnorm noodzakelijk voor intensieve bedrijven. In het scenario MINAS zonder diercorrectie komt de gemiddelde nitraatconcentratie op deze bedrijven ook onder of net boven de 50 mg nitraat/liter percolatiewater. Hierbij moet worden opgemerkt dat extensieve bedrijven op zandgrond in het basisscenario het toegelaten N-overschot overschrijden (met 6 tot 103 kg N/ha).

Onder MINAS-eindnormen kan op intensieve bedrijven een forse hoeveelheid N in de bodem accumuleren, doordat er veel organisch gebonden N met de drijfmest wordt toegediend. De berekende nitraatuitspoeling geldt dus niet voor een evenwichtssituatie. Aanscherping van de normen beperkt dit; er moet dan veel meer mest worden afgevoerd.



## 2. Doel en werkwijze binnen Thema 5 van LNV-mineralenprogramma 398-1

### 2.1 Inleiding

Binnen het LNV-mineralenprogramma 398-1 'Ontwikkeling van maatregelen om mineralenverliezen te beperken' worden meerdere thema's onderscheiden. Voor de melkveehouderij zijn met name de thema's 'Vermindering van mineralenverliezen bij beweiding' en 'Sturing en optimalisatie van gras-klavermengsels' en in mindere mate 'Organische bemesting, bodemkwaliteit en mineralenverliezen' van belang. Het werk in dit rapport valt onder thema 5 'Ontwikkelen van geïntegreerde maatregelenpakketten'. In dit thema wordt getracht om kennis uit de andere thema's zoveel mogelijk te integreren. Vanuit praktijk oogpunt is het van belang om te weten op welke wijze kostenefficiënt aan MINAS kan worden voldaan. Vanuit beleidsoogpunt is het belangrijk om te weten of met de huidige normeringen in het MINAS-stelsel aan milieunormen en in het bijzonder aan waterkwaliteitsnormen wordt voldaan. Dit rapport is voornamelijk relevant voor het beleid.

Op melkveehouderijbedrijven is een omslag in de bedrijfsvoering nodig om binnen de normen te blijven die door de MINAS-wetgeving worden opgelegd. Daarnaast is er een toenemende zorg over de nitraatconcentraties die gevonden worden op bedrijven die voldoen aan overschotnormen zoals gedefinieerd in de MINAS-wetgeving. In een eerdere studie is gekeken naar de effecten van mogelijke maatregelen op bedrijfsniveau op het MINAS-overschot en het bedrijfssaldo (Smit *et al.*, 2003).

Deze studie heeft als doel om te bepalen wat het effect is op het waterkwaliteit en bedrijfseconomie van maatregelenpakketten waarmee kosteneffectief aan een reeks van steeds scherpere verliesnormen kan worden voldaan. Er is gewerkt met in de eerdere studie gedefinieerde typische bedrijven die representatief zijn voor de Nederlandse melkveehouderij. De waterkwaliteit is beoordeeld aan de hand van de nitraatconcentratie in het percolatiewater (de hoeveelheid water die jaarlijks door het bodemprofiel naar het beneden stroomt) bij een gemiddeld en bij een klein neerslagoverschot. Het hoofddoel van deze studie is om te bepalen wat de effecten zijn van verdergaande normen, d.w.z. normen die verder gaan dan de MINAS-eindnormen voor de toelaatbare overschotten aan N en  $P_2O_5$  op de (bedrijfs)balans. Het tweede doel van deze studie is om te kijken of er effectieve maatregelen zijn waarmee de nitraatconcentratie in het percolatiewater op melkveehouderijbedrijven onder de 50 mg nitraat per liter kan blijven.

### 2.2 Werkwijze

In deze studie zijn modellen gebruikt om effecten van verschillende normen en maatregelen op economische en milieukundige effecten te kunnen evalueren. Hiervoor is het model FARMMIN (zie Materiaal en methode) gebruikt om biofysische kenmerken door te rekenen. Het BBPR-model (zie Materiaal en methode) is gebruikt om de bedrijfseconomische aspecten door te rekenen. Als eerste zijn negen bedrijven gedefinieerd die een representatieve doorsnede vormen van de melkveehouderij in Nederland. Dit zijn dezelfde bedrijven zoals gedefinieerd in Smit *et al.* (2003).

De beschrijving van deze bedrijven komt overeen met de situatie in 2000, d.w.z. voor het MINAS-tijdperk. Waarschijnlijk is de bedrijfsvoering in de Nederlandse melkveehouderij daarna aangepast om op een kosteneffectieve wijze aan MINAS te kunnen voldoen. Hiervoor is een aantal kosteneffectieve maatregelen doorgevoerd zoals geselecteerd in Smit *et al.* (2003).

De effecten van verschillende scenario's op de mineralenbalans en het financieel bedrijfsresultaat zijn voor elk van deze bedrijven doorgerekend. Voor bedrijven op zandgrond is ook een schatting gemaakt van de nitraatconcentratie in het percolatiewater. Voor de scenario's met verdergaande normen is het toelaatbare mineralenoverschot voor alleen N, alleen  $P_2O_5$  of in combinatie in geleidelijke stappen verlaagd door meer posten op de mineralenbalans mee te tellen en door het toelaatbare overschot te beperken.



## 3. Materiaal en methode

### 3.1 Milieukundige indicatoren

In deze studie wordt gekeken naar effecten van scenario's op de mineralenbalans, de hoeveelheid minerale N in de bouwvoor (N in zowel ammonium- als nitraat-vorm) aan het einde van het groeiseizoen en de nitraatconcentratie in het percolatiewater.

In de MINAS-wetgeving wordt gewerkt met een specifieke mineralenbalans, de zogenaamde MINAS-balans. Het overschot op de N- en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-MINAS-balans wordt als volgt bepaald:

$$\text{MINASoverschot} = \text{aanvoer} - \text{afvoer} - \text{diercorrectie}$$

In de aan- en afvoerposten staan hoeveelheden N en P in krachtvoer, ruwvoer, dierlijke producten en mest. De hoeveelheid mineralen die op andere wijze het bedrijf binnenkomt door b.v. symbiotische binding of depositie uit de atmosfeer wordt niet meegeteld.

De diercorrectie is ingevoerd om 'onvermijdbare verliezen' in te rekenen en is bepaald op 30 kg N per melkkoe, 20.5 kg N per pink en 9.7 kg N per kalf. De diercorrectie wordt verlaagd met 60 kg N per ha grasland en 30 kg N per ha maïsland met nagewas of onderzaai. De grootte van de aftrek door de diercorrectie hangt af van de oppervlakte maïs en de aantallen dieren per ha.

In het werkelijke overschot wordt geen diercorrectie meegenomen:

$$\text{Werkelijkoverschot} = \text{aanvoer} + \text{symbiose} + \text{depositie} - \text{afvoer}$$

Op de werkelijke balans tellen alle aan- en afvoerposten mee. Dit betekent dat ook depositie en symbiotische N-binding worden meegeteld. Er is verondersteld dat de hoogste hoeveelheid N in klaver geheel afkomstig is van symbiotische N-binding, met uitzonderingen van opgenomen N uit urineplekken. De N afkomstig van symbiotische binding die in niet oogstbare delen van een klavergewas of indirect in gras (via mineralisatie) terechtkomt wordt niet meegeteld op de balans.

### 3.2 Scenario's met verdergaande normen

Het toelaatbare N- en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-overschot op de werkelijke balans is stapsgewijs verlaagd t.o.v. MINAS-eindnormen in een aantal scenario's door meer balansposten op de MINAS-balans mee te nemen; dit betekent dat de MINAS-balans in verdergaande scenario's steeds meer op de werkelijke balans gaat lijken. Het toegelaten overschot op deze aangepaste MINAS-balans is in de eerste scenario's gelijk gehouden met MINAS-eindnormen (180 kg N/ha op grasland, 100 kg N/ha op maïsland, voor droge zandgronden 140 kg N/ha op grasland en 60 kg N/ha op maïsland; voor fosfaat is het toelaatbare overschot op de MINAS-balans 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha).

De doorgerekende scenario's met verdergaande normen zijn als eerste gericht op reductie van het N-overschot op de werkelijke balans. De verdergaande scenario's zijn vergeleken met het basisscenario (MINAS-eindnormen, scenario 1). In het tweede scenario vervalt de diercorrectie als aftrekpost (Tabel 1). Hierdoor wordt het overschot op de werkelijke balans met 8 tot 65 kg N verlaagd, afhankelijk van de aantallen dieren en de oppervlakte gras- en maïsland.

Tabel 1. Effecten van scenario's op het toegelaten N- en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-overschot voor een extensief bedrijf (11.5 ton melk/ha) en voor een intensief bedrijf (19.5 ton melk/ha) op droge zandgrond. Voor de bedrijfskenmerken zie Tabel 2.

Scenario	Code	Betreffende balans	Toegelaten N-overschot inclusief diercorrectie (kg N/ha)		Toegelaten P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - overschot (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha)
			extensief	intensief	
1	Basisscenario	MINAS	140.9	190.0	20
2	- diercorrectie	MINAS zonder diercorrectie	122.2	125.3	20
3	+symbiose	MINAS inclusief symbiotische N	140.9	190.0	20
4	WB <sup>1</sup>	werkelijke balans	122.2	125.3	20
5	WB-55N	werkelijke balans	67.2	70.3	20
6	WB-10P	werkelijke balans	122.2	125.3	10
7	WB-10P-55N	werkelijke balans	67.2	70.3	10

<sup>1</sup>WB = werkelijke balans

Het weglaten van de diercorrectie is een maatregel die voornamelijk intensieve bedrijven met veel maïs treft. In het derde scenario is de biologisch gebonden stikstof door klaver meegerekend. De extra hoeveelheid stikstof die door symbiotische binding in de aanvoerpost van de balans komt is afhankelijk van de oppervlakte waarop klaver wordt geteeld. Bij een gematigde N-gift zal dit een extra aanvoer van ongeveer 21-95 kg N/ha op bedrijfsniveau betekenen.

In het vierde scenario wordt de werkelijke balans gebruikt, waarbij ook N-depositie en biologisch gebonden N worden meegerekend en waarbij de diercorrectie is weggelaten. Er is gerekend met een depositie van 50 kg N/ha voor alle bedrijven.

In het vijfde, zesde en zevende scenario wordt het toelaatbare overschot op de werkelijke balans verlaagd met achtereenvolgens 55 kg N, 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en 55 kg N in combinatie met 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

### 3.3 Maatregelen voor reductie van de nitraatconcentratie

Het is te verwachten dat niet alle bedrijven in alle scenario's een nitraatgehalte onder de 50 mg nitraat per liter percolatiewater halen. Naast het beperken van het overschot zijn er ook kosteneffectieve maatregelen denkbaar die het nitraatgehalte verlagen.

Er zijn aanvullende berekeningen gemaakt waarbij maïs alleen in combinatie met een vanggewas is geteeld en waarbij de beweidingduur van de melkkoeien is beperkt tot 8 uur per dag. Voor extensieve bedrijven op droge zandgrond is aanvullend de najaarsbeweiding van melkkoeien beperkt (voor de intensieve bedrijven is de najaarsbeweiding van het melkvee al beperkt tot 1 oktober).

### 3.4 Gebruikte modellen

In deze studie zijn de bedrijfsmodellen FARMMIN en BBPR gebruikt. De biofysische aspecten zijn met FARMMIN doorgerekend. FARMMIN is een modulair, statisch model dat gericht is op het tactische en strategische beslissingsniveau (Van Evert *et al.*, 2002, 2003). Voor deze studie zijn de componenten die betrekking hebben op de veevoeding aangepast, zodat er gerekend wordt met een zomer- en winterrantsoen. Er is een nieuwe component ontwikkeld die de Nmin-accumulatie als gevolg van bemesting en beweiding berekent (zie 3.4.1).

FARMMIN rekent op jaarniveau. Voor de berekening van de ruwvoerproducties is gebruik gemaakt van QUADMOD; dit programma berekent de gras- en maïslandproductie op basis van de (dosis-respons) relatie tussen werkzame N-gift en drogestofopbrengst (Ten Berge et al., 2000).

Een van de meest krachtige mogelijkheden van FARMMIN is het optimaliseren van een te kiezen variabele. De optimalisatie vindt plaats in twee schillen. In de binnenste schil wordt een zo goedkoop mogelijk rantsoen samengesteld door een lineair oplossingschema op basis van de beschikbare voedermiddelen. In de buitenste schil wordt met een 'controlled random search' methode de doelfunctie geminimaliseerd; in ons geval de bedrijfsconfiguratie met de laagste kosten. In principe kan elke doelvariabele geoptimaliseerd worden. Om de rekentijd te beperken en om de uitkomsten herhaalbaar te houden kan slechts een beperkt aantal (~5) variabelen tegelijkertijd geoptimaliseerd worden.

In deze studie is een optimale combinatie berekend van ruwvoer aan- en verkopen, verhouding tussen eiwitarm en eiwitrijk krachtvoer, drijf- en kunstmestgiften en mestafvoer zodat de toegerekende kosten worden geminimaliseerd. In sommige gevallen kan het economisch aantrekkelijk zijn om overschrijding van de norm te accepteren en heffing te betalen. Om dit te voorkomen is de heffing per kg overschot verdrievoudigd. Indien er toch een heffing betaald moet worden omdat het bedrijf niet aan de norm kan voldoen, worden de 'normale' heffingen berekend. Met FARMMIN is de som van toegerekende kosten berekend, bestaande uit de kosten voor ruw- en krachtvoeraankopen, kunstmest, mestafzet, oogsten van maaisneden minus de opbrengsten uit de verkoop van ruwvoer.

Met het model BBPR zijn de bedrijfseconomische aspecten berekend (Mandersloot *et al.*, 1991; Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Zom, 2002). BBPR is een deterministisch simulatiemodel dat gericht is op het strategische, het tactische en het operationele beslissingsniveau. Kenmerkende aspecten van dit model zijn de praktijkgerichte veevoeding en het graslandgebruik dat geïntegreerd is in de veevoeding op dagbasis, bemesting en beweiding. Bovendien zijn alle facetten van de bedrijfsvoering samengevoegd in de bedrijfseconomische boekhouding.

In deze studie is getracht om sterke kanten van beide modellen te combineren. De optimale bedrijfsconfiguratie en tactische beslissingen die door FARMMIN zijn berekend zijn gebruikt om met BBPR de bedrijfssituatie in kaart te brengen met daarbij de bedrijfseconomische boekhouding. Bij een dergelijke aanpak is het van belang dat de gevonden optimale bedrijfsconfiguratie in FARMMIN overeenkomt met de bedrijfsconfiguratie in BBPR. Om dit te bewerkstelligen zijn de invoergegevens en de berekende ruwvoerproductie van beide modellen op elkaar afgestemd door de QUADMOD-parameters in FARMMIN iets te wijzigen. In het QUADMOD rapport van Ten Berge *et al.* (2000) is een realistische range van parameters te vinden zoals die voor verschillende veldproeven zijn bepaald. Voorwaarde voor de doorgevoerde wijzigingen is dat deze binnen een realistische range blijven zoals die eerder is gevonden.

Voor de berekening van het bedrijfssaldo en ondernemersinkomen zijn de technische resultaten van FARMMIN gecombineerd met prijzen, kosten en opbrengsten die berekend zijn met BBPR.

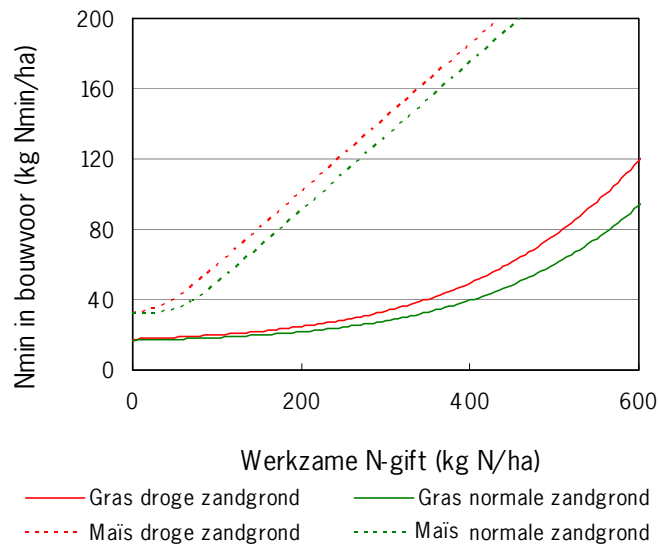
### 3.4.1 Berekening van de hoeveelheid minerale stikstof in de bouwvoor

Voor de zandgronden is een schatting gemaakt van de accumulatie van minerale stikstof ( $N_{min}$ ) in de bouwvoor (0-90 cm) en de nitraatconcentratie van het percolatiewater. Voor klei- en veengronden zijn er nog geen goede relaties beschikbaar om tot een goede  $N_{min}$ -schatting te komen. Als eerste is de hoeveelheid  $N_{min}$  berekend als functie van de N-gift voor gras- en maïsland (Ten Berge, 2002):

$$N_{min} = a \times N_{min} H_0 + \frac{b}{c} \times \ln(1 + \exp(c \times (A - (U - U_0)))) + e \times P$$

waar  $N_{min} H_0$  staat voor de  $N_{min}$  onder een onbemest veld (hiervoor zijn waarden van 20 kg N/ha voor gras- en 35 kg N/ha voor maïsland aangenomen),  $A$  voor de toediening van werkzame N,  $U$  voor de N-opname door het gewas,  $U_0$  voor de opname door een gewas zonder N-bemesting en  $P$  voor de neerslaghoeveelheid in het groeiseizoen. De coëfficiënten a, b, c, d, en e hadden voor gras een waarde van, respectievelijk, 0,83, 0,99, 0,0068, 373 en -0,0034

en voor maïs een waarde van 1.25, 0.42, 0.061, 10.8 en 0.036 (Ten Berge, 2002). Het resulterende verband tussen de werkzame N-gift en de hoeveelheid minerale N in de bouwvoor staat weergegeven in Figuur 1.



*Figuur 1. Gebruikte relatie tussen werkzame N-gift en Nmin in de bouwvoor (0-90 cm) aan het einde van het groeiseizoen.*

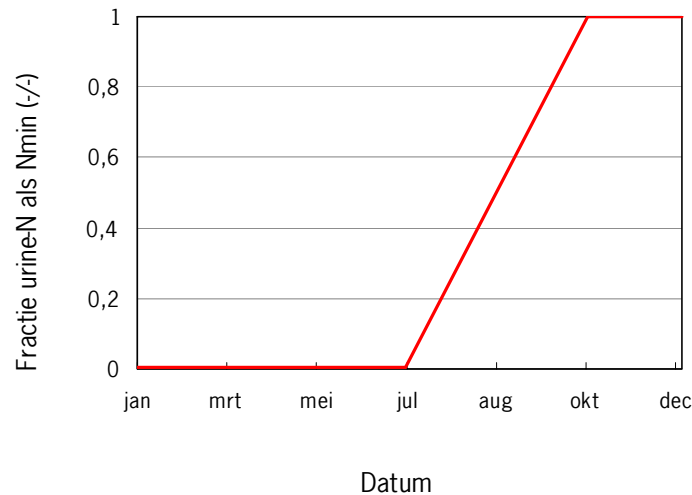
Voor gras/klaver is de geogste hoeveelheid symbiotisch gebonden N meegerekend als ware het een effectieve N-gift. De totale hoeveelheid symbiotisch gebonden N is wel gecorrigeerd voor verminderde binding door een ruime N-beschikbaarheid in urineplekken.

Een vanggewas kan onder gemiddelde omstandigheden ongeveer 40 kg/ha N opnemen, in warmere jaren kan dit sterk oplopen tot 75 kg/ha (Schröder *et al.*, 1992). Het effect van een vanggewas is meegerekend door de Nmin-hoeveelheid met maximaal 40 kg/ha te verlagen, waarvan maximaal 16 kg/ha op klei en 20 kg/ha op zand in het volgende seizoen weer beschikbaar komt. In de praktijk kan dit worden gerealiseerd met verschillende nateelten, zoals bijvoorbeeld gras in onderzaai of als nagewas en rogge.

Onder urineplekken is de N-concentratie hoog, doordat op een urineplek al gauw tot 400 kg N/ha extra N wordt gedeponeerd, wat bovenop de bemesting komt. Deze hoge N-concentraties zorgen ervoor dat de symbiotische binding niet functioneert. Daarom is de N die beschikbaar komt door symbiose gecorrigeerd voor de door klaver opgenomen N uit urinstikstof.

Naast het effect van bemesting en symbiose op de Nmin-hoeveelheid is er ook een additief effect van beweiding op de Nmin-hoeveelheid. De effecten van beweiding op de Nmin-accumulatie (en nitraatuitspoeling) zijn met veel onzekerheden omgeven. Daarom is er gekozen voor een simpele benadering. Als eerste wordt van de toegediende urine-N een fractie (0,4) afgetrokken voor verliezen. Deze verliesfractie is de som van verliezen door ammoniakvervluchtiging, nitrificatie- en denitrificatieprocessen en overige verliezen (o.a. opslag in de bodem).

Er is uitgegaan van een volledige urine-N-opname tot 1 juli, na 1 juli neemt de opgenomen fractie lineair af tot het einde van het groeiseizoen. Er is geen rekening gehouden met overlappende urineplekken. De aanwezige maar niet opgenomen urine-N komt als Nmin in de bouwvoor (Figuur 2).



Figuur 2. Fractie van urine N die bijdraagt aan de Nmin-accumulatie als functie van tijdstip van depositie.

### 3.4.2 Van minerale N naar de nitraatconcentratie in het percolatiewater

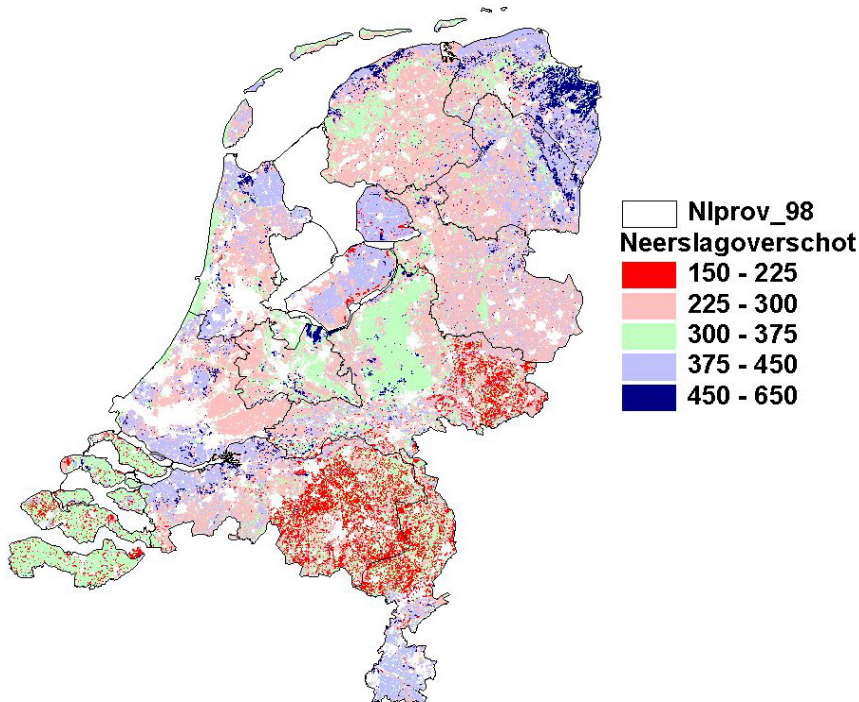
De hoeveelheid minerale N die aan het einde van het groeiseizoen in de bouwvoor zit spoelt in principe uit met het percolatiewater. Als eerste wordt deze hoeveelheid Nmin gecorrigeerd voor denitrificatieverliezen, waardoor N in de vorm van N<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O uit de bodem ontwijkt. De denitrificatie hangt sterk af van de vochttoestand en grondwaterniveaus in de bodem. Per grondwatertrap is een relatieve reductiefactor ten opzichte van zeer droog zand bepaald door Boumans *et al.* (1989). In deze studie is verondersteld dat op zeer droog zand geen denitrificatie plaatsvindt. Deze veronderstelling lijkt redelijk; volgens J.G. Conijn (pers. med.) komt de door Bouwmans gerapporteerde verliesfractie op een zandgrond met Gt V goed overeen met modelberekeningen (modelinstrumentarium is beschreven door Conijn & Henstra, 2003). Voor droge en normale zandgrond is een reductiefactor voor Nmin van respectievelijk 0,17 en 0,57 gebruikt; dit komt overeen met respectievelijk grondwatertrap VI en IV (Boumans *et al.*, 1989).

Vervolgens is de nitraatconcentratie (mg nitraat/liter) berekend:

$$[NO_3] = \frac{N_{\min} \times 4.4286 \times (1 - rf)}{NO} \times 10^2$$

In deze vergelijking staat 4.4286 voor de verhouding tussen de molmassa's van nitraat en stikstof, *rf* voor de relatieve reductiefactor door denitrificatie en *NO* voor het neerslagoverschot. Voor het neerslagoverschot is een waarde van 273 mm voor gras en 327 mm voor maïs gebruikt (Kroes *et al.*, 2001). Dit is een gemiddelde waarde voor Nederland. Het neerslagoverschot, berekend als verschil tussen de totale neerslag (neerslag + beregening), aanvulling uit het grondwater en verdamping, varieert sterk binnen Nederland, waarbij het overschot in de Achterhoek en Zuidoost Nederland relatief klein is (Figuur 3). In deze regio's is ook de grondwateraanvulling relatief klein.

Om ook een goede inschatting te kunnen maken voor de 'drogere' regio's zijn de nitraatconcentraties ook berekend voor gebieden met een klein neerslagoverschot. Voor deze gebieden is het gemiddelde neerslagoverschot met 30% verminderd, wat een redelijke schatting lijkt (Kroes, pers. med.).



Figuur 3. Verdeling van het neerslagoverschot in Nederland (bron: Kroes *et al.*, 2001).

De berekende nitraatconcentratie (met FARMMIN) is gevalideerd op meetgevens van 8 bedrijven in het project Koeien en Kansen (zie o.a. Oenema *et al.*, 2002). Een volledige rapportage van deze validatie is nog in voorbereiding. De belangrijkste resultaten staan echter weergegeven in Bijlage III.

## 3.5 Invoergegevens

Deze paragraaf geeft inzicht in de belangrijkste invoergegevens. Een volledig overzicht is te vinden in Bijlagen I en II.

### 3.5.1 Representatieve modelbedrijven

De Nederlandse melkveehouderij kent een grote verscheidenheid aan bedrijfstypen, met alleen melkvee maar ook in combinatie met akkerbouw of intensieve veehouderij. Er bestaat een grote spreiding in intensiteit, productieniveau, grondsoort en omvang tussen bedrijven. Het is niet wenselijk om al deze bedrijven door te rekenen. Daarom is getracht om een aantal bedrijfstypen door te rekenen die representatief zijn voor een groot gedeelte van de Nederlandse veehouderij. In deze studie zijn een 9-tal typische bedrijven doorgerekend, zoals die ook eerder zijn gebruikt in de evaluatie van het mestbeleid (Smit *et al.*, 2003; Van der Kamp, 2002).

Deze bedrijven zijn representatief voor een groot gedeelte van de Nederlandse melkveehouderij (Reijneveld, 2000). Er zijn bedrijven op veengrond, kleigrond (2) en op zandgrond (6). De beschrijving van deze bedrijven is gebaseerd op het pré-MINAS-tijdperk, daarna is de bedrijfsvoering waarschijnlijk aangepast om kosteneffectief aan MINAS te kunnen voldoen. In projecten op voorloperbedrijven, die een verdergaande doelstelling hebben, worden verschillende maatregelen genomen, zoals het telen van gras/klaver-mengsels, verkleinen van de jongveebezetting etc (Galema *et al.*, 2002; Doornewaard *et al.*, 2002). Het aanpassen van de bedrijfsvoering is financieel ook aantrekkelijk (Smit *et al.*, 2003) omdat dan minder mest te hoeven worden afgezet en er geen of minder heffing betaald hoeft te worden. Het is de verwachting dat de maatregelen die economisch aantrekkelijk zijn ook in de praktijk toepassing zullen vinden. Per bedrijf is op basis van eerder werk een set van kosteneffectieve maatregelen geselecteerd (Tabel 1) (Smit *et al.*, 2003).



Tabel 1. Geselecteerde maatregelen om kosteneffectief aan MINAS-eindnormen te voldoen.

Maatregel	Veen		Klei		Normaal zand			Droog zand		
	11,5 t/ha	11 t/ha	17 t/ha	11,5 t/ha	13,5 t/ha	19,5 t/ha	11,5 t/ha	13,5 t/ha	19,5 t/ha	
Optimale N-gift	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Minder jongvee			x				x	x	x	
Gras/klaver				x	x		x	x	x	
Minder beweiding						x	x		x	
Vanggewas						x			x	
P-arm krachtvoer						x			x	
Mestafvoer									x	

De grootte van de N-gift en mestafvoer liggen niet vast, maar worden geoptimaliseerd. Op de bedrijven met een gras/klaver-mengsel wordt op een gedeelte van het graslandareaal gras/klaver geteeld, met uitzondering van het bedrijf op droge zandgrond met 11,5 ton melk/ha waar op het volledige grasareaal als gras/klaver wordt geteeld. Met een partiële teelt van gras/klaver-mengsels kan het grasgedeelte zwaarder worden bemest, doordat in het gras/klaver-gedeelte alleen beperkt met N wordt bemest. Enkele belangrijke bedrijfskenmerken zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2. Bedrijfskenmerken van typische bedrijven, representatief voor de Nederlandse melkveehouderij na doorvoering van geselecteerde maatregelen.

Grondsoort	Veen		Klei		Normaal zand			Droog zand		
	11.5	11	17	11.5	13.5	19.5	11.5	13.5	19.5	
Intensiteit (ton melk/ha)										
Oppervlak (ha)	32	51	31	36	31	24.5	36	31	24.5	
Gras (ha)	32	46.5	22	28	24	15.5	28	24	15.5	
w.v. gras/klaver (ha)	0	0	0	8.4	7.2	0	28	7.2	3.1	
Mais (ha)	0	4.5	9	8	7	9	8	7	9	
w.v. mais met vang- gewas (ha)	0	0	0	0	0	9	0	0	9	
Melkkoeien	48	73	68	58	55	62	58	55	62	
Jongveebezetting per10 melkkoeien	6.7	8.9	7	8.7	8.8	8.9	7	7	7	
Meetmelkproductie	7942	7994	8099	7420	7942	8047	7420	7942	8047	
Beweidingssysteem	0	0	B+8	0+4	B+8	B+8	0+4	B+8	B+8	
Dagen beweiding melk- koeien	154	171	151	180	180	122	150	150	122	

### 3.5.2 Veevoeding en beweiding

In FARMMIN wordt gerekend met een gemiddelde veestapel die een voederbehoefte heeft die gelijkmatig is verdeeld over het jaar. Dit komt overeen met een goed verdeeld afkalpatroon. Er is onderscheid gemaakt tussen het zomer- en winterrantsoen. De krachtvoergiften zijn berekend aan de hand van een normgetal van 251 kg krachtvoer per 1000 liter melk, zoals berekend uit gegevens van Tamminga *et al.* (2000).

De voederbehoefte is bepaald aan de hand van de VEM- en DVE-behoefte zoals die gegeven zijn in het Handboek Melkveehouderij (PR, 1997). Er wordt 5% boven de gemiddelde VEM-behoefte en 2% boven de gemiddelde DVE-behoefte gevoerd.

Voor de kalveren is een krachtvoerbehoefte aangehouden voor de zomerperiode van 0,5 kg/dier/dag en in de winterperiode van 0,7 kg/dier/dag. Pinken krijgen in de zomer geen krachtvoer en in de winter 0,94 kg/dier/dag; dit komt overeen met jaargiften zoals gerapporteerd in Tamminga *et al.* (2000).

Het rantsoen wordt berekend door een optimale combinatie van beschikbare voedermiddelen te zoeken zodat het rantsoen de gewenste voederwaarde zo goed mogelijk benadert. In de zomerperiode is weidegras een van de voedermiddelen waarbij de beschikbaarheid toeneemt met de beweidingduur. Er is een maximum van de gemiddelde opnamesnelheid van gras aangehouden van 1 kg drogestof per dier per uur weidegang. De gewasproductie die niet wordt benut voor beweiding wordt als kuilvoer geoogst. Hiervoor wordt een extra kostprijs (kosten voor loonwerk, BBPR) gerekend van 124 €/ha per maaisnede van 3000 kg drogestof.

### 3.5.3 Gehanteerde prijzen voor aan- en verkoop

Er zijn standaard prijzen gebruikt voor de aankoop en verkoop van kunstmest en ruw- en krachtvoer (Tabel 3).

Tabel 3. Gebruikte prijzen voor aan- en afvoer van voedermiddelen, (kunst)mest en dierlijke producten.

	Prijs	Eenheid
<b>Aanvoer</b>		
Gras	0,05835	€/ kg product
Maïs	0,03744	€/ kg product
Krachtvoer, eiwitrijk	0,18	€/ kg product
Krachtvoer, eiwitarm	0,14004	€/ kg product
Kunstmest	0,1497	€/ kg product
<b>Afvoer</b>		
Drijfmest	0,126	€/ kg drogestof
Gras	0,03112	€/ kg product
Maïs	0,02304	€/ kg product
Melk	0,322	€/ liter
Melkkoe	560	€/ dier
Jongvee < 1 jaar	850	€/ dier
Nuchter kalf	182	€/ dier

Voor drijfmestafvoer is een prijs van € 11,34 per ton product (bron: Van der Kamp, 2002) gerekend voor alle scenario's. In scenario's waar meer mest moet worden afgevoerd zal in werkelijkheid ook de prijs van mestafvoer gaan stijgen. Dit is niet meegenomen, aangezien de prijsontwikkeling van mestafvoer sterk afhangt van de ontwikkelingen in de intensieve veehouderij en de akkerbouw. Hierdoor worden de kosten bij verdergaande scenario's waar veel drijfmest moet worden afgevoerd mogelijk (sterk) onderschat; hier wordt in de discussie op teruggekomen.

### 3.5.4 Gewasproductie

De bruto gewasproductie wordt berekend op basis van de relatie tussen werkzame N en gewasproductie, door middel van de kwadrantenmethode (QUADMOD, Ten Berge *et al.*, 2000). Deze procedure houdt tevens rekening met de stikstof die beschikbaar is voor het gewas uit mineralisatie. Voor de mineralisatie zijn per bodemtype schattingen uit Ten Berge *et al.* (2000) aangehouden.

De relatie tussen drogestofopbrengst en werkzame N wordt beschreven met een functie waarbij parameters voor het minimale N-gehalte (bij erg lage N-beschikbaarheid), de maximale drogestofopbrengst, de fractie van de DS-opbrengst waar het kritische N-gehalte wordt gehaald, het kritische N-gehalte en het N-gehalte bij maximale opbrengst als invoergegevens nodig zijn. De gebruikte schattingen voor deze parameters zijn aangepast om tot een betere overeenstemming te komen tussen FARMMIN en BBPR. In Tabel 4 zijn de gewasafhankelijke parameterwaarden

gegeven en in Tabel 5 zijn de bodemafhankelijke parameterwaarden gegeven.

Tabel 4. Gebruikte waarden voor gewasafhankelijke QUADMOD parameterwaarden.

	Gras	Maïs
Minimaal N-gehalte (fractie)	0,025	0,007
Kritische N-gehalte (fractie)	0,032	0,01
N-gehalte bij max. opbrengst (fractie)	0,044	0,0145
<b>Kritische DS opbrengstfractie</b>	0,9	0,9

Tabel 5. Gebruikte waarden voor bodemafhankelijke QUADMOD parameterwaarden.

	Veen	Klei	Normaal zand	Droog zand
<b>Gras</b>				
Maximale DS-opbrengst (kg DS/ha)	12700	11800	13500	10000
Mineralisatie (kg N/ha)	230	140	140	100
Initiële N-recovery (fractie)	0,81	0,85	0,9	0,85
<b>Maïs</b>				
Maximale DS-opbrengst (kg DS/ha)	10644	13533	13533	11556
Mineralisatie (kg N/ha)	148	88	88	88
Initiële N-recovery (fractie)	0,7	0,7	0,7	0,7

De bruto productie van klaver in een gras/klaver-mengsel wordt berekend volgens de methode die beschreven is in Smit *et al.* (2003). De productie van klaver wordt berekend met de vervangingslijn van gras door klaver zoals die is gedefinieerd door Ennik (1982).

De netto gewasproductie wordt berekend door de bruto productie te corrigeren voor oogst- (5%), beweidings- (18%), bewaar- (7%) en vervoederingsverliezen (3-7%).

### 3.5.5 Bedrijfseconomie

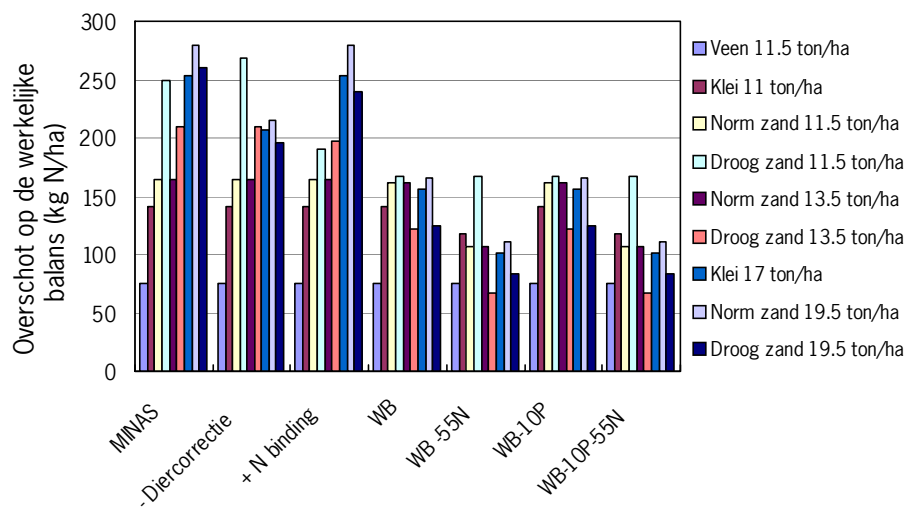
Zoals vermeld in sectie 3.4, is de berekening van de financiële bedrijfsresultaten in hoofdzaak uitgevoerd met BBPR. Dit betreffen de niet toegerekende kosten en de overige kosten. Er is een schatting gemaakt van de toegerekende kosten (aan- en verkopen ruw- en krachtvoer, kunstmest en mestafvoer) op basis van FARMMIN-uitkomsten. Daarnaast zijn de loonwerkkosten voor het oogsten van gras in overeenstemming gebracht met de gemaaide oppervlakte zoals door FARMMIN is berekend. Er is gerekend met een vergoeding voor arbeid van € 45.900 voor de ondernemer. Het gehanteerde rentepercentage is 4%. Er zijn rentekosten in rekening gebracht voor al het vermogen dat in het bedrijf is geïnvesteerd, zowel eigen financiering als geleend geld. Het gepresenteerde arbeidsinkomen is de vergoeding voor arbeid vermeerderd met het bedrijfsresultaat. Het arbeidsinkomen geeft het inkomen voor de ondernemer weer, exclusief een rentevergoeding voor het eigen vermogen.

## 4. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de modeluitkomsten voor de verschillende scenario's gepresenteerd. Er is gekozen om de meeste aandacht aan het N-overschot te geven, aangezien de  $P_2O_5$ -norm op slechts 2 bedrijven beperkend is. Op intensieve bedrijven op droge zandgrond (19,5 t melk/ha) en op kleigrond (17 ton melk/ha) moet mest worden afgevoerd om onder het basisscenario aan de  $P_2O_5$ -norm te voldoen. Op andere bedrijven zijn de geselecteerde maatregelen voldoende om binnen de norm te blijven. Indien de N-norm wordt aangescherpt, wordt mestafvoer noodzakelijk op alle intensieve bedrijven. Hierdoor wordt vrij eenvoudig aan de  $P_2O_5$ -norm voldaan. In Figuur 4 is te zien dat het werkelijke overschot niet of nauwelijks wijzigt door een extra aanscherping van de  $P_2O_5$ -norm (vergelijk WB en WB-10 P). In dit hoofdstuk worden daarom de scenario's (WB-10P en WB-10P-55N) met een reductie in toelaatbaar  $P_2O_5$ -overschot niet gepresenteerd.

### 4.1 Overschot op de werkelijke N balans

In Figuur 4 staat het overschot op de werkelijke balans weergegeven. De verschillende scenario's zijn te vinden op de x-as, per scenario is het resultaat voor elk bedrijf te vinden. De overschotten op de werkelijke N-balans onder het basisscenario liggen tussen 74-280 kg N/ha. In het werkelijke N-overschot wordt de netto-mineralisatie niet als aanvoerpost meegeteld. Hierdoor is het overschot op het bedrijf op veengrond klein, aangezien op dit bedrijf jaarlijks veel N mineraliseert. In het scenario waar de diercorrectie niet wordt meegeteld, is het gerealiseerde overschot sterk teruggebracht voor de intensieve bedrijven (>15 t/ha), tot ongeveer 200 kg N/ha.



Figuur 4. Overschot op de werkelijke balans (inclusief N depositie en N uit symbiose). Zie Tabel 1 voor uitleg scenario's.

Op bedrijven met partiële gras/klover-teelt heeft met meetellen van symbiotisch gebonden N weinig effect op het werkelijke overschot. Dit komt doordat er een relatief klein oppervlak beteeld wordt met gras/klover. De kleine reductie in N-bemesting wordt gecompenseerd door een iets grotere aanvoer van ruwvoer.

Op het bedrijf op droog zand (11,5 t/ha) wordt alleen gras in combinatie met klover geteeld. Op dit bedrijf heeft dit meetellen van symbiotisch gebonden N wel degelijk effect; hier wordt het werkelijke overschot met 58 kg N beperkt. Om deze reductie te realiseren is wel veel mestafvoer nodig (80% van de mest uitgescheiden in de stal, zie Tabel 6).

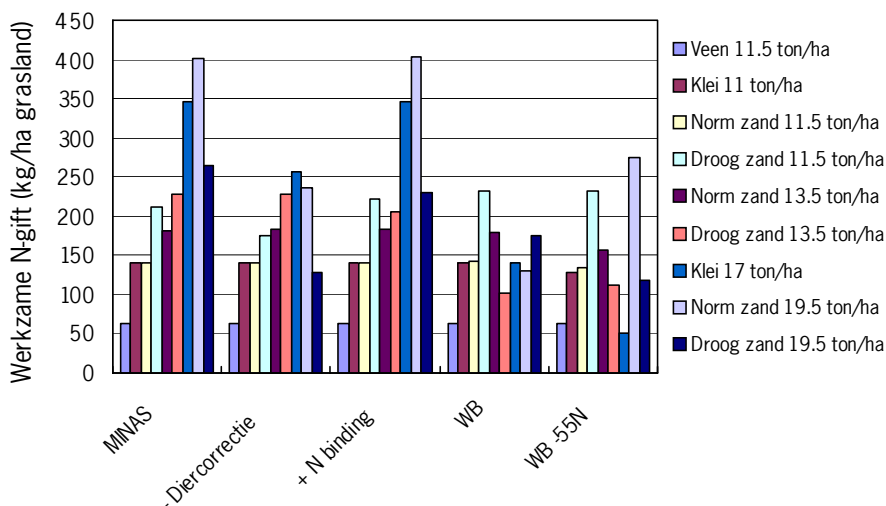
De aanvoer van biologisch gebonden N niet kan worden beperkt op het bedrijf met volledige gras/klaver-teelt. Dit bedrijf kan niet aan de normen voldoen indien de werkelijke balans wordt gebruikt en dit bedrijf betaalt dan ook MINAS-heffing onder de scenario's met een werkelijke balans.

In het WB scenario is het overschot teruggebracht tot net iets boven 150 kg, afhankelijk van de grondsoort en de oppervlakte maïsland.

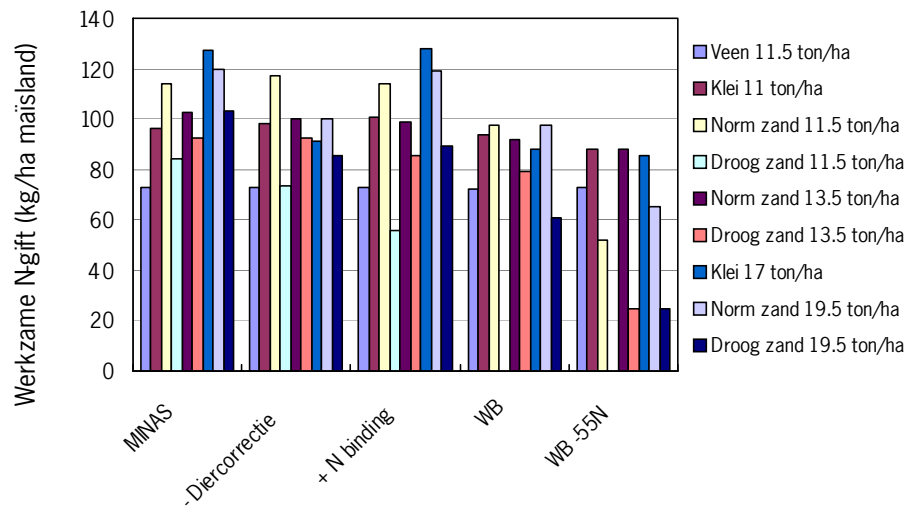
## 4.2 Tactische bedrijfsbeslissingen

Als gevolg van de aanscherping van het toelaatbare overschot wordt de werkzame N-gift op gras- en maïsland verlaagd (Figuur 5 en 6). Het optimale N-overschot voor een maximaal inkomen op het extensieve bedrijf op veen is lager kleiner dan het toegestane overschot, waardoor de N-gift relatief hoog kan blijven. Op dit bedrijf bestaat onder alle scenario's een ruwvoeroverschot en wordt gras verkocht.

De optimale (meest economische) N-giften liggen in het basisscenario voor matig intensieve bedrijven (13,5 t/ha) tussen 180-230 kg werkzame N/ha voor grasland en tussen 90-105 kg werkzame N/ha voor maïsland. De optimale N-gift ligt voor intensieve bedrijven op productieve gronden (klei en normale zandgrond) op een veel hoger niveau, zelfs tot boven 400 kg werkzame N/ha op grasland en 115-130 kg op maïsland. De meest economische N-giften voor de intensieve bedrijven worden sterk verlaagd indien de diercorrectie achterwege blijft.



Figuur 5. Werkzame N-gift uit drijf- en kunstmest op grasland.



Figuur 6. Werkzame N-gift uit drijf- en kunstmest op maisland.

De verlaagde N-giften leiden ook tot een lagere opbrengst. Hierdoor moet ook aanzienlijk meer ruwvoer worden aangekocht (Tabel 6). Naast een lagere opbrengst is het eiwitgehalte van het gewonnen ruwvoer ook lager. Dit wordt gecompenseerd door een hoger aandeel eiwitrijk krachtvoer of door een grotere aanvoer van eiwitrijk ruwvoer (gras).

Op grasland is in het basisscenario de kunstmestgift groter dan de drijfmestgift, terwijl de werkzame N-gift op maisland voor een groot deel afkomstig is uit drijfmest (Tabel 6). De drijfmestgift loopt terug voor de 'strengere' scenario's doordat een groter deel van de drijfmest wordt afgevoerd. Mest afvoeren is goedkoper dan een verdere beperking van de kunstmestgift of heffing betalen. Dit wordt gedeeltelijk gecompenseerd door een grotere kunstmest-N-gift. In het scenario waarbij het toelaatbare overschot op de werkelijke balans met 55 kg N/ha is gereduceerd, wordt vrijwel alle mest die in de mestkelder wordt opgevangen afgevoerd (Tabel 6). De bedrijven op droog zand met 11,5 en 13,5 kg melk/ha kunnen niet aan de norm voldoen indien de werkelijke N-balans wordt gebruikt; alle mest moet worden afgevoerd. Dit gaat gepaard met erg hoge mestafzetkosten (Tabel 6).

In het basisscenario (met MINAS-eindnormen) moet alleen het bedrijf op droge zandgrond met 19,5 ton melk/ha mest afvoeren (een fractie van 0,19 van de mest die in de stal wordt uitgescheiden). Bij een werkelijke balans met verscherpte N-normen (WB -55kg N) moeten alle bedrijven mest afvoeren, met uitzondering van het bedrijf op veen (Tabel 6).

De bedrijfsvoeringen zijn geoptimaliseerd, waardoor op extensieve bedrijven het toegelaten N-overschot met 6 tot 154 kg N/ha wordt onderschreden, waarbij de overschrijding het grootst is op het bedrijf op veengrond (Tabel 6). Intensieve bedrijven (> 15 t/ha) realiseren een N-overschot dat gelijk is aan de toegelaten hoeveelheid. In het scenario 'WB' wordt het toegelaten N-overschot alleen onderschreden op het bedrijf op veengrond en op het extensieve bedrijf op kleigrond.

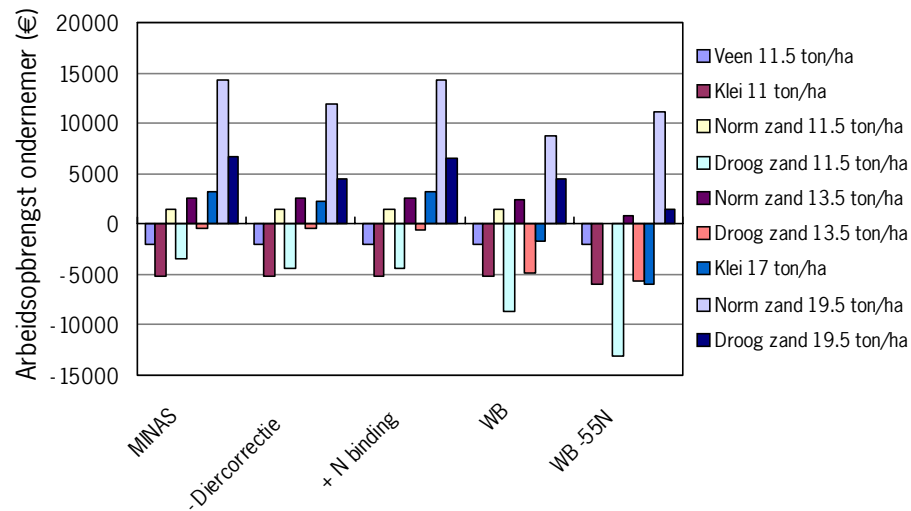
Tabel 6. *Effecten van scenario's op tactische bedrijfsbeslissingen (kunst- en drijfmestgiften op gras- en maïsland, ruwvoeraankoop, kosten voor mestafzet en overschrijding van het toelaatbare N-overschot).*

Intensiteit (ton melk/ha)	Veen		Klei		Normale zandgrond			Droge zandgrond		
	11,5	11	17	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5	
<b>KAS-N op grasland (kg N/ha)</b>										
Basisscenario	0	86	217	92	93	242	155	130	132	
- Diercorrectie	0	86	135	92	94	92	117	130	27	
+ N-binding	0	86	217	92	94	243	221	108	103	
WB	0	86	46	94	90	31	233	61	174	
WB -55N	0	94	0	134	129	275	233	113	119	
<b>KAS-N op maïsland (kg N/ha)</b>										
Basisscenario	0	3	27	21	9	8	5	5	12	
- Diercorrectie	1	5	0	24	6	0	0	5	0	
+ N-binding	0	7	27	21	6	7	0	0	0	
WB	0	0	0	5	0	0	0	0	0	
WB -55N	0	0	0	0	0	0	0	24	24	
<b>Werkzame N uit mest op grasland (kg N/ha)</b>										
Basisscenario	63	55	129	48	89	160	57	99	133	
- Diercorrectie	63	55	122	48	89	143	57	99	102	
+ N-binding	63	55	129	48	89	160	0	98	127	
WB	63	55	95	48	89	99	0	41	0	
WB -55N	63	35	50	0	27	0	0	0	0	
<b>Werkzame N uit mest op maïsland (kg N/ha)</b>										
Basisscenario	72	94	101	93	93	112	79	88	91	
- Diercorrectie	72	94	91	93	93	100	73	88	85	
+ N-binding	72	94	101	93	93	112	55	85	89	
WB	72	94	88	92	92	98	0	79	61	
WB -55N	72	88	86	52	88	66	0	0	0	
<b>Ruwvoer-aankoop (ton drogestof/koe)</b>										
Basisscenario	1,9	0,0	0,8	0,0	0,0	1,4	0,0	0,5	4,9	
- Diercorrectie	1,9	0,0	1,4	0,0	0,0	2,7	0,6	0,5	6,4	
+ N-binding	1,9	0,0	0,8	0,0	0,0	1,4	0,0	0,6	5,0	
WB	1,9	0,0	3,5	0,0	0,0	4,6	0,0	3,2	5,6	
WB -55N	1,9	0,0	5,9	0,0	0,6	2,3	0,0	3,1	6,8	
<b>Fractie eiwitrijk krachtvoer</b>										
Basisscenario	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	
- Diercorrectie	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06	0,17	0,00	0,00	
+ N-binding	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	
WB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	
WB -55N	0,00	0,18	0,00	0,18	0,12	0,08	0,00	0,00	0,00	
<b>Kosten voor mestafzet (k€ per bedrijf)</b>										
Basisscenario	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	
- Diercorrectie	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	6,2	
+ N-binding	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,9	0,0	4,0	
WB	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	5,5	13,5	7,8	16,4	
WB -55N	0,0	5,1	10,0	10,0	8,6	15,8	13,5	16,4	19,7	
<b>Overschrijding van het toelaatbare overschot (kg N/ha)</b>										
Basisscenario	154	89	0	96	103	0	6	26	0	
- Diercorrectie	154	81	0	73	73	0	0	1	0	
+ N-binding	154	89	0	71	78	0	0	0	0	
WB	104	32	0	0	0	0	-44	0	0	
WB -55N	49	0,0	0	0	0	0	-99	0	-14	



### 4.3 Arbeidsopbrengst

Verdergaande normen leiden ook tot een kostprijsverhoging t.o.v. het basisscenario (Figuur 7). In het algemeen behalen de intensieve bedrijven op zandgrond een hogere arbeidsopbrengst (inkomen) dan de extensieve bedrijven op zandgrond, zelfs onder zeer strenge normen. De reductie in inkomen is voor deze bedrijven bij strengere normen wel het grootst, maar het blijven in alle situaties de best renderende bedrijven.



Figuur 7. Effect van verdergaande normen op de arbeidsopbrengst van de ondernemer.

Het weglaten van de diercorrectie verlaagt het arbeidsinkomen voor het bedrijf op droge zandgrond (11,5 t/ha) met € 1076. Dit scenario treft verder vooral intensieve bedrijven en bedrijven met relatief veel maïsland (intensieve bedrijven met veel maïs hebben een grote diercorrectie). Op intensieve bedrijven wordt het arbeidsinkomen verlaagd met € 1014 tot € 2300. Het gebruiken van de werkelijke balans leidt tot een sterke verlaging van het arbeidsinkomen voor alle bedrijven, met uitzondering van het bedrijf op veengrond, omdat het gerealiseerde overschot op dit bedrijf niet verkleind hoeft te worden. De sterke daling van het arbeidsinkomen op het bedrijf op droge zandgrond met 11,5 t/ha komt doordat er erg veel mest afgevoerd moet worden. Naast mestafvoer nemen de kosten voor ruwvoer-aankopen op de intensieve bedrijven (>15 ton melk/ha) ook sterk toe.

Bij het basisscenario moet alleen het bedrijf op droge zandgrond met 19,5 t/ha mest afvoeren (19% van de mest die in de stal wordt uitgescheiden). Bij een werkelijke balans met verscherpte N-normen (WB-55kg N) moeten alle bedrijven mest afvoeren, met uitzondering van het bedrijf op veen.

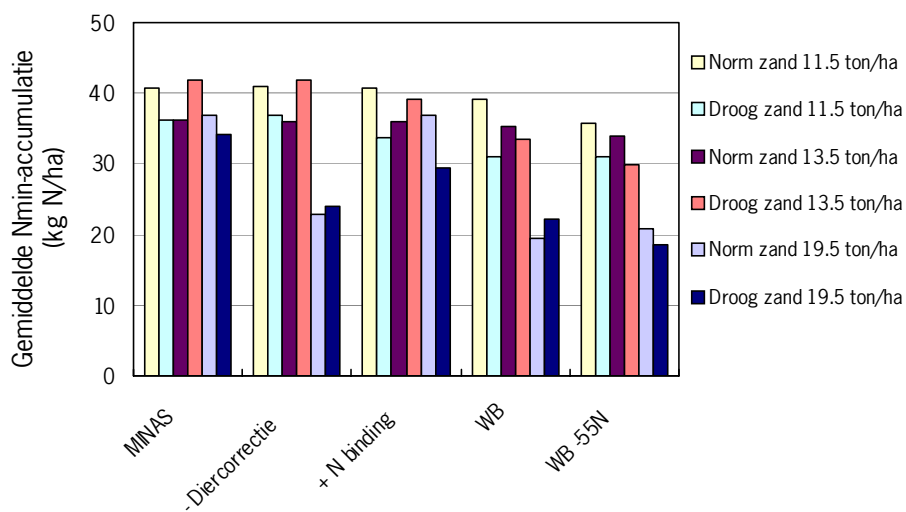
Dit komt terug in een daling van de arbeidsopbrengst. Daarnaast kunnen bedrijven op droge zandgrond (11,5 en 19,5 t/ha) niet aan de norm voldoen en moeten heffing betalen. Het betalen van een heffing is voor deze bedrijven aantrekkelijker dan het nog verder verlagen van het overschot, zelfs indien de heffing drie keer hoger is dan de huidige MINAS-heffing.

### 4.4 Minerale stikstof (Nmin) op zandgronden

De (verwachte) hoeveelheid residuair minerale stikstof die in het najaar op de zandgronden kan uitspoelen is weergegeven in Figuur 8. In het basisscenario worden de hoogste waarden (40,6-41,9 kg Nmin/ha) voor Nmin gevonden op extensieve bedrijven op normale en droge zandgrond, vanwege de hoge bemestingsniveaus. Het niet meetellen

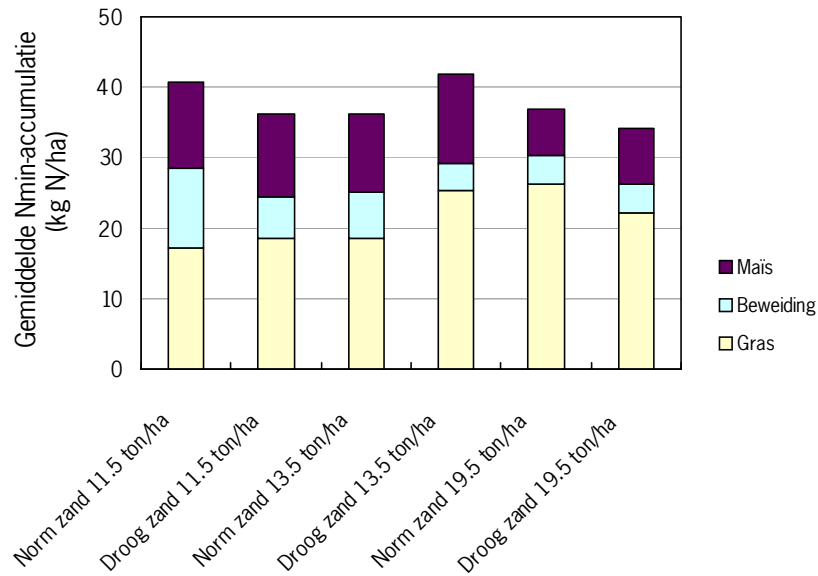
van de diercorrectie heeft voornamelijk effect op intensieve bedrijven (19,5 t/ha); daar wordt in dit scenario de hoeveelheid Nmin met 10-14 kg/ha verlaagd. Het meetellen van de symbiotische N-binding reduceerde de Nmin-hoeveelheid op droge zandgrond met 2,7 tot 4,8 kg/ha. Op normale zandgrond is de reductie gering (< 0,3 kg/ha).

Het scenario met een werkelijke balans reduceert de Nmin-hoeveelheid t.o.v. het basisscenario op alle bedrijven, met de grootste reducties op intensieve bedrijven (17,4 op normale zandgrond en 12,0 kg Nmin/ha op droge zandgrond). Het scenario waar het toelaatbare overschot met 55 kg N op de werkelijke balans is verminderd geeft t.o.v. het werkelijke balans-scenario weinig extra reductie van de Nmin-hoeveelheid (0-3,7 kg Nmin/ha). In het lineaire deel van de relatie tussen N-gift en opbrengst heeft een kleine verlaging van de bemesting grote gevolgen voor de ruwvoerproductie. Daardoor wordt de hoeveelheid aangekocht ruwvoer bij dit scenario wel aanzienlijk groter dan bij het basisscenario. De milieuwinst van een verlaging van de bemesting in het 'lineaire' deel van de relatie tussen N-gift en drogestofopbrengst is op grasland zeer beperkt, aangezien het effect op de Nmin-accumulatie in dit traject ook beperkt is (zie Figuur 1).



*Figuur 8. Potentieel uitspoelbare minerale stikstof (ammonium en nitraat) in de bodem.*

Op vrijwel alle bedrijven is de bijdrage van maïs aan de Nmin-hoeveelheid in het totale bedrijfsareaal vrij groot (gezien de geteelde oppervlakte), op extensieve bedrijven wat meer dan op intensieve bedrijven (Figuur 9). Dit komt doordat op intensieve bedrijven een nagewas wordt geteeld (zie Tabellen 1 en 2). Op intensieve bedrijven is de bijdrage van gras aan de hoeveelheid Nmin op het totale bedrijfsareaal wat groter door een hogere bemesting. De bijdrage van stikstof uit urineplekken is wat kleiner op intensieve bedrijven (19,5 t/ha) dan op de extensieve bedrijven; dit komt voornamelijk door een beperkte beweiding in de herfst.

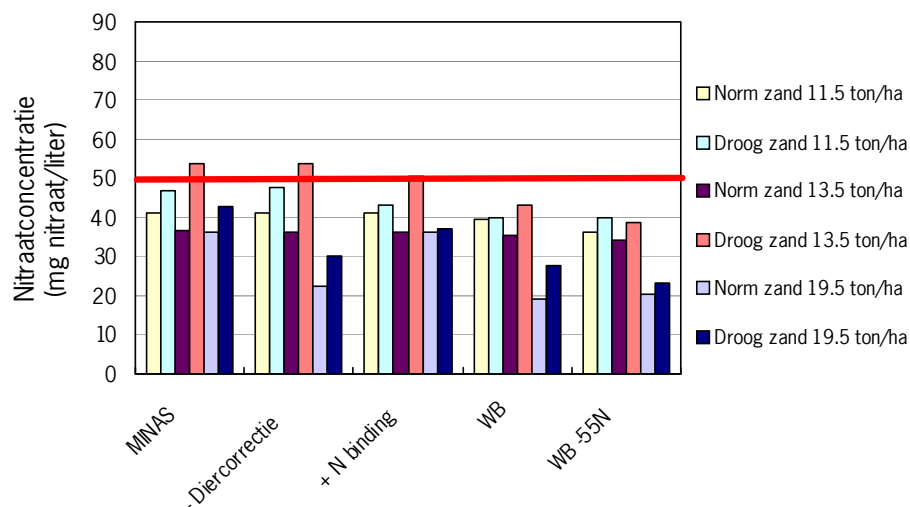


Figuur 9. Bronnen van potentieel uitspoelbare minerale stikstof (Nmin) onder het basisscenario.

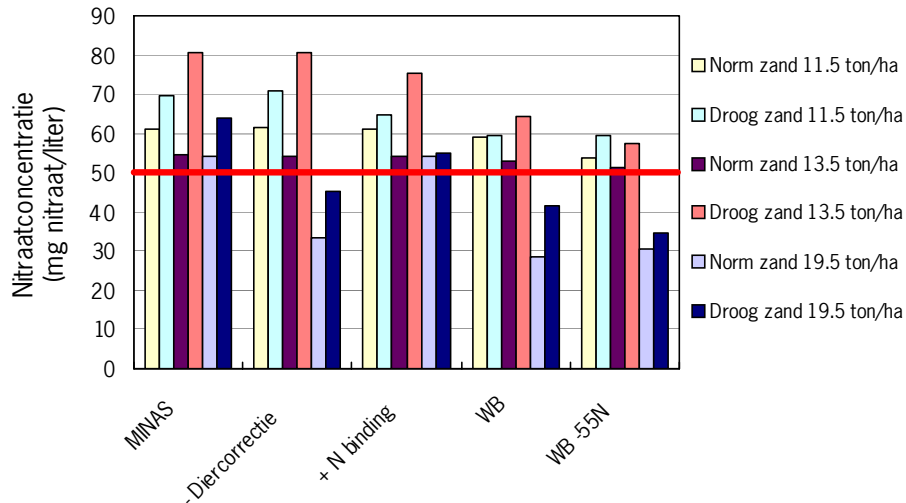
## 4.5 Nitraatconcentratie in het percolatiewater

Op bedrijven met een gemiddeld neerslagoverschot voldoen bijna alle bedrijven aan de norm van 50 mg nitraat per liter percolatiewater in het basisscenario (Figuur 10). Alleen het bedrijf op droge zandgrond met 13,5 t/ha overschrijft net de norm (54 mg nitraat/liter). Bij een klein neerslagoverschot overschrijden alle bedrijven op zandgrond de nitraatnorm van 50 mg/liter in het basisscenario (Figuur 11). Alleen de intensieve bedrijven (19,5 ton melk/ha) voldoen aan de nitraatnorm als de diercorrectie achterwege wordt gelaten. In het licht van de extra kosten, zijn de effecten van de scenario's op de gemiddelde nitraatconcentratie voor de overige bedrijven gering. Dit zijn bedrijven waar relatief veel wordt geweid en waar geen vanggewas na maïs wordt geteeld.

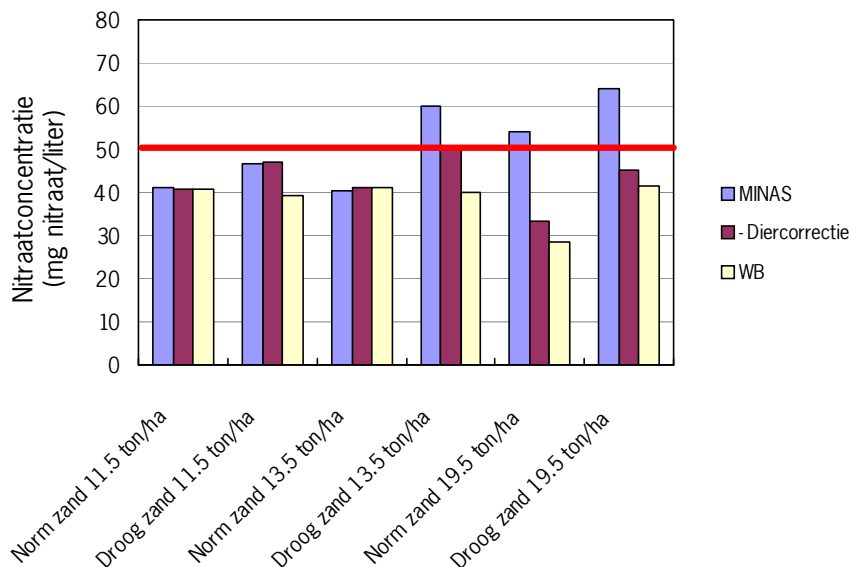
In de verdergaande scenario's WB en WB-55N worden de nitraatconcentratie in beperkte mate verlaagd t.o.v. het basisscenario en het scenario waarbij de diercorrectie achterwege is gelaten, zeker in verhouding tot de grote reductie in de bemesting van gras en maïs (zie Tabel 6). Het scenario 'diercorrectie' heeft wel een duidelijk effect (meer dan 10 mg/l verlaging van de nitraatconcentratie) op intensieve bedrijven.



Figuur 10. Geschatte nitraatconcentraties op bedrijven op zandgrond met een gemiddeld neerslagoverschot (273 mm op grasland en 327 mm op maïsland).



Figuur 11. Geschatte nitraatconcentraties op bedrijven op zandgrond met een klein neerslagoverschot (183 mm op grasland en 219 mm op maisland).



Figuur 12. Geschatte nitraatconcentraties op bedrijven op zandgrond met een klein neerslagoverschot waarbij een vanggewas na maïs wordt geteeld en de beweiding met melkkoeien is beperkt tot 8 uur per dag.

Voor het terugdringen van de nitraatconcentratie in het percolatiewater is het op bedrijven met zandgrond in de gebieden met een klein neerslagoverschot effectiever om gerichte maatregelen te nemen, zoals het verplicht stellen van een (effectief) vanggewas na of tijdens de teelt van maïs en het beperken van de beweidingduur. Deze twee maatregelen leiden onder het basisscenario tot een sterke verlaging van de gemiddelde nitraatconcentratie (Figuur 12). Voor intensieve bedrijven en het bedrijf op droge zandgrond (13,5 t / ha) is een aanscherping van de MINAS-eindnorm noodzakelijk. Door het weglaten van de diercorrecties komt de gemiddelde nitraatconcentratie op deze bedrijven ook onder de 50 mg nitraat/liter percolatiewater, alleen het bedrijf met 13,5 t/ha op droge zandgrond zit dan nog op 50,9 mg per liter. De gerichte maatregelen verlagen tevens het werkelijke overschot op extensieve bedrijven met 0-36 kg/ha voor droge zandgrond en met 0-23 kg/ha voor normale zandgrond.

## 4.6 Het lot van het N-overschot

Het N-overschot op de werkelijke balans komt uiteindelijk terecht in de lucht, in het water of het verhoogt de N-voorraad in de bodem. Uiteindelijk komt ook de aan- en afvoer van N naar de bodem in evenwicht met de bodemvoorraad doordat de mineralisatie toeneemt indien de aanvoer dan groter is dan de afvoer van organisch gebonden N. Als in de juiste mate rekening wordt gehouden met deze extra mineralisatie kan dat op termijn mogelijk leiden tot een verbetering van de N-efficiëntie, doordat er minder beperkende factoren zijn voor gewasproductie (grotere bufferwerking voor water) door een grotere organische-stofvoorraad in de bodem. Indien deze extra mineralisatie niet wordt benut door een gewas of de organische-stofvoorraad hoger wordt dan het optimum kan dit leiden tot een verhoogd uitspoelingsrisico.

Het overschot dat niet in de bodemvoorraad wordt opgeslagen komt uiteindelijk ergens terecht, hetzij als gas ( $\text{NH}_3$  of  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  of  $\text{NO}_x$ ) in de atmosfeer of als nitraat in het percolatiewater. In Tabel 7 is er een onderscheid gemaakt naar verschillende verliesposten. Van een relatief groot gedeelte is het niet bekend of dit het bedrijf verlaat als gas of dat het wordt opgeslagen in de bodem. Dit komt deels voort uit het deel van de toegediende anorganische stikstof (kunst- en drijfmest) die niet in de geoogste delen terecht komt. Deze onbekende fractie is relatief groot voor het bedrijf op droge zandgrond (11,5 t / ha). Dit is het enige bedrijf met een volledige gras/klaver-teelt. Het is nog niet volledig duidelijk waarom op dit bedrijf deze post overig zo veel groter is dan op andere bedrijven. De hoeveelheid N die verloren gaat als ammoniak neemt toe met de uren beweiding en veebezetting.

*Tabel 7. Stikstofverliesposten in kg N/ha bedrijfsoppervlak onder het basisscenario en het scenario 'werkelijke balans'; uitsplitsing naar nitraatuitspoeling, denitrificatie van N<sub>min</sub>, ammoniakemissie en overig. Een belangrijke bijdrage aan de post overig is de accumulatie van organisch gebonden N in de bodem, hier indicatief weergegeven als het verschil tussen organische N-bemesting en door het gewas opgenomen mineralisatie.*

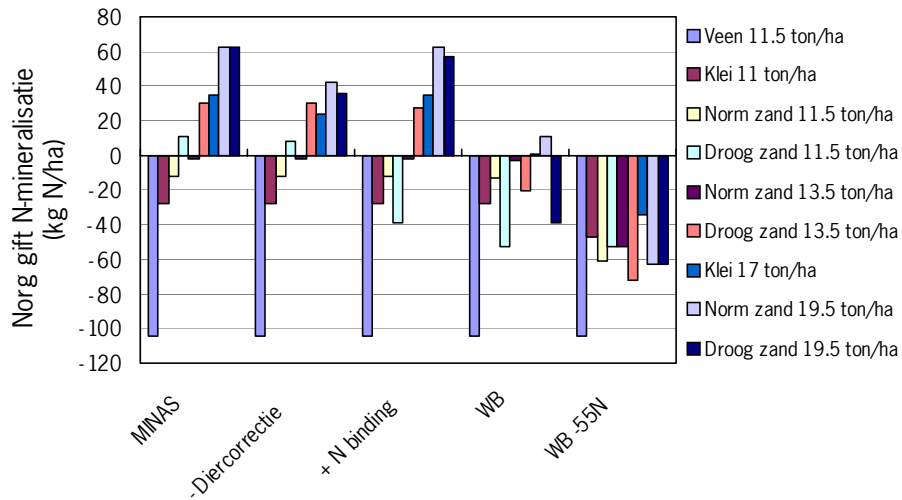
	Normaal zand			Droge zandgrond		
	11,5	13,5	19,5	11,5	13,5	19,5
Intensiteit (ton melk/ha)						
<b>Basisscenario</b>						
Overschot op werkelijke balans	164,5	165,0	280,0	248,7	208,9	260,6
Nitraat-N in percolatiewater	26,4	23,6	24,0	30,1	34,7	28,4
Denitrificatieverliezen	32,5	23,7	25,8	20,6	16,7	18,8
Ammoniakemissie	41,4	49,8	74,6	39,9	51,4	70,3
Overig	64,2	67,8	155,6	158,0	106,0	143,2
<i>Norg bemesting – opgenomen mineralisatie</i>	<i>-12,4</i>	<i>-2,1</i>	<i>62,3</i>	<i>10,7</i>	<i>30,1</i>	<i>62,7</i>
<b>Scenario WB</b>						
Overschot op werkelijke balans	162,2	161,9	165,3	166,7*	121,9	125,3
Nitraat in percolatiewater	25,5	22,9	12,7	25,6	27,7	18,4
Denitrificatieverliezen	31,9	23,2	16,5	19,5	14,4	14,9
Ammoniakemissie	41,2	49,4	62,4	27,5	40,5	48,9
Overig	63,6	66,4	73,8	94,0	39,7	43,1
<i>Norg bemesting – opgenomen mineralisatie</i>	<i>-12,8</i>	<i>-3,0</i>	<i>10,9</i>	<i>-53,0</i>	<i>-20,6</i>	<i>-38,5</i>

\* Dit bedrijf overschrijdt de norm in dit scenario (N-aanvoer kan niet beperkt worden door teelt van gras/klaver).

Het scenario met een werkelijke balans verkleint vrijwel alle verliesposten (Tabel 7). De afname is het grootst voor het verschil tussen toegediende organisch gebonden N en de mineralisatie, maar ook de hoeveelheid die verloren gaat als ammoniak wordt verkleind. Dit komt voornamelijk doordat er meer mest wordt afgevoerd, waardoor de verliezen bij toediening elders plaatsvinden. De overige verliezen worden ook iets verkleind.

Een belangrijk onderdeel van de post 'overig' is de hoeveelheid N die als organisch gebonden N met drijf- en weidemest wordt toegediend. Een goede indicatie hiervoor wordt gegeven door het verschil tussen de hoeveelheid organisch gebonden N die vrijkomt door mineralisatie en de bemesting met organisch gebonden N. Het verschil tussen de mineralisatie en de N-bemesting in organische vorm is echter niet een volledig beeld van de bodembalans; hiervoor dienen ook gewasresten te worden meegewogen. Dit betekent ook dat een (klein) negatief verschil niet hoeft te leiden tot een kleinere N-voorraad in de bodem; deze kan opgevangen worden door de aanvoer via gewasresten en N in niet oogstbare gewasdelen.

De N die in de bodemvoorraad verdwijnt hangt sterk af van het gekozen scenario. Vooral intensieve bedrijven dienen veel meer organisch gebonden N toe dan nodig is om de N-voorraad in de bodem te handhaven (Figuur 13). Bedrijven op veengrond en extensieve bedrijven op kleigrond voeren minder organisch gebonden N aan dan vrijkomt door mineralisatie. Verdergaande scenario's (werkelijke balans en werkelijke balans met een 55 kg lager toelaatbaar N-overschot) leiden tot een negatief verschil tussen de organische N-gift en mineralisatie.



Figuur 13. Verschil tussen de gemiddelde hoeveelheid toegediende organische N uit drijfmest en N die vrij komt uit mineralisatie en opgenomen wordt door het gewas op gras- en maïsland.

## 5. Discussie en conclusies

### 5.1 Uitgangspunten

De beschrijving van de modelbedrijven is gemaakt vóór het MINAS-tijdperk. In de loop van de tijd is de landbouwpraktijk in Nederland aangepast om aan MINAS te kunnen voldoen. Een voorbeeld hiervan is de toename in het areaal dat ingezaaid wordt met gras/klaver-mengsels. Op de modelbedrijven zijn de economisch meest aantrekkelijke maatregelen doorgevoerd om op een zo kostenefficiënt mogelijke wijze aan MINAS-eindnormen te voldoen. De doorgevoerde maatregelen betroffen 'gangbare' aanpassingen, zoals een partiële gras/klaver-teelt, minder jongvee aanhouden, gebruik van P-arm krachtvoer en het eerder opstallen van melkvee. Dergelijke maatregelen zijn ook getroffen op 'De Marke' en op bedrijven die meedoen aan projecten zoals Koeien en Kansen en Praktijkcijfers I en II (Hilhorst & Oenema, 2001; Galama *et al.*, 2002; Doornewaard *et al.*, 2002).

Voor de modelbedrijven is gerekend met slechts één combinatie van bodemtype en grondwatertrap per bedrijf. In de praktijk zal het eerder uitzondering dan regel zijn dat een bedrijf slechts één grondsoort met één grondwatertrap heeft.

Binnen Nederland is er een verdeling van depositie met de grootste hoeveelheden in het oosten van Noord-Brabant (in 2001 > 49 kg N/ha) en kleinere hoeveelheden in de noordelijke en westelijke gebieden (tot < 21 kg/ha) (RIVM, 2002). De hoge depositie is aangehouden voor alle bedrijven omdat juist in regio's met een grote depositie de problemen m.b.t. de nitraatbelasting van het grondwater het grootst zijn. Dit betekent echter wel dat scenario's met een werkelijke balans eenvoudig gehaald kunnen worden in gebieden met een kleinere depositie.

De gehanteerde normen voor voederverzorging, beweidingsverliezen en ammoniakverliezen kunnen in de praktijk alleen gehaald worden als er zeer goed geboerd wordt. Uit eerder werk kwam naar voren dat een afwijking van een goede landbouwpraktijk een sterke toename van het mineralenoverschot betekent (Smit *et al.*, 2003). In deze studie is de bedrijfsvoering van de doorgerekende bedrijven geoptimaliseerd. Dit zal in de praktijk moeilijker te realiseren zijn doordat er altijd onverwachte omstandigheden (weer, dierziekten etc.) kunnen zijn. Hierdoor kan een afwijking ontstaan t.o.v. de optimale bedrijfsvoering. De gehanteerde normen voor de diervoeding zijn 'scherp', er is gerekend met slechts een kleine overschrijding (5% voor VEM en 2% voor DVE) boven de norm. Zelfs in intensief begeleide bedrijven zoals bij Koeien en Kansen wordt gemiddeld in de winterperiode tot 110% van de VEM-norm en tot 115% boven de DVE-gevoerd (Galama *et al.*, 2002). Binnen Koeien & Kansen is de spreiding tussen de bedrijven echter groot, 16% voor VEM en 17% voor DVE. Er zijn bedrijven die de DVE- en VEM-norm niet of nauwelijks overschrijden (zowel bij hoge als bij lage melkproducties) en daarmee lijkt een kleine overschrijding goed haalbaar.

De resultaten in dit rapport geven dan ook een beeld van de effecten van een verkleining van het toelaatbare overschot bij **optimale** bedrijfsvoeringen. Dit betekent ook dat extensieve bedrijven (< 15 t/ha) het toelaatbare overschot tussen 6 kg N/ha (droge zandgrond) en 154 kg N/ha onderschrijden in het basisscenario met MINAS-eindnormen. Hierdoor zijn de resultaten niet direct door te vertalen naar de praktijk; veel melkveehouders zullen grote moeite hebben om tot een vergelijkbare efficiëntie te komen.

In de gebruikte relaties voor de N<sub>min</sub>-accumulatie in de bouwvoor is uitgegaan van een waarde van 20 kg N<sub>min</sub> onder grasland en 35 kg N<sub>min</sub> onder bouwland voor een onbemeste situatie. Deze waarden horen bij een 'gemiddelde' bodem zoals die voorkwam onder proefvelden. Voor grasland is er geen verband tussen bodemvruchtbaarheid en N<sub>min</sub>-accumulatie zonder bemesting; voor maïsland is er wel een duidelijk verband waarbij een hoge bodemvruchtbaarheid tot een grotere N<sub>min</sub>-accumulatie leidt (Ten Berge, 2002). Dit betekent dat vooral voor maïsland op vruchtbare gronden de berekende N<sub>min</sub> een onderschatting kan zijn.

Het neerslagoverschot varieert sterk binnen Nederland (Kroes *et al.*, 2001). Dit komt voornamelijk door de grote variatie in neerslag (650-950 mm, zie [www.knmi.nl/voorl/kd/lijsten/normalen71\\_00/html/kaarten.html](http://www.knmi.nl/voorl/kd/lijsten/normalen71_00/html/kaarten.html)). Het neerslagoverschot neemt toe bij een lagere gewasproductie. In de scenario's WB en WB-55N is de gewasproductie fors lager waardoor het neerslagoverschot wordt onderschat en de nitraatuitspoeling wordt overschat.

## 5.2 Bedrijfsmanagement en arbeidsinkomen

In het basisscenario (met MINAS-eindnormen) is de optimale N-bemesting sterk afhankelijk van de intensiteit. Op maïsland is de invloed van intensiteit iets minder groot. Aanscherping van het toelaatbare N-overschot door het weglaten van de diercorrectie leidt tot een reductie in N-bemesting op grasland (tot 129 kg/ha voor droog zand en 234-257 kg op klei en normale zandgrond). Als ook de depositie wordt meegerekend, dan wordt de N-gift verder verlaagd (tot 102-174 kg N/ha grasland).

Het meetellen van symbiotisch gebonden N heeft alleen duidelijke gevolgen voor bedrijven met volledige gras/klaver-teelt. De hoeveelheid N die het bedrijf binnenkomt, is met gras/klaver niet te beperken. Aanscherping van de toelaatbare verliezen moet dan worden gecompenseerd door extra mestafvoer. Indien symbiotisch gebonden N wordt meegeteld is het gebruik van volledige gras/klaver-teelt dan ook onaantrekkelijk.

Bij een verdere aanscherping van het toelaatbare overschot onder het scenario 'werkelijke balans' neemt de mestafvoer sterk toe. Doordat de verliezen elders plaatsvinden worden deze tijdens toediening beperkt en verbetert de benutting van de gegeven N. Bij strenge normen moeten veel bedrijven mest afvoeren en voer aankopen. Dit heeft effect op de kosten voor mestafzet en voeraankoop. Deze kostenposten zullen in dat geval waarschijnlijk stijgen; daar is in deze studie geen rekening mee gehouden.

Het niet in mindering brengen van de diercorrectie op het overschot verlaagt het arbeidsinkomen op intensieve bedrijven en op bedrijven met volledige gras/klaver-teelt met € 1014 tot € 2300 ten opzichte van het basisscenario. Indien ook depositie en symbiotische N-binding worden meegeteld als aanvoerposten op de balans, daalt het arbeidsinkomen nog eens met € 0 tot € 4500. Een reductie van het toelaatbare N-overschot met 55 kg/ha leidt tot een daling van het inkomen met een extra € 0 tot € 4500. In het algemeen behalen intensieve bedrijven een hoger arbeidsinkomen dan extensieve bedrijven, zelfs onder zeer strenge normen. De reductie in inkomen is voor deze bedrijven bij strengere normen wel het grootst, maar het blijven in alle situaties de best renderende bedrijven. Hierbij moet wel aangetekend worden dat een stijging van de mestafzetprijs vooral intensieve bedrijven met relatief veel mestafvoer zal treffen, waardoor de rangorde kan wijzigen.

## 5.3 Nitraatconcentraties

De berekening van de nitraatconcentratie onder beweiding is nog met veel onzekerheden omgeven. Daarom is gekozen voor een eenvoudige benadering. De gebruikte schatting van de gasvormige verliezen van urine-N zijn onzeker en kunnen sterk verschillen per situatie. Daarnaast is geen rekening gehouden met de nitraatverliezen die gedurende het groeiseizoen kunnen optreden, omdat de relaties tussen de N-gift en de N<sub>min</sub>-accumulatie gebaseerd zijn op metingen aan het einde van het groeiseizoen. Het is onbekend hoe groot de verliezen zijn gedurende het groeiseizoen. Hierdoor zijn de berekende nitraatuitspoelingen vermoedelijk een kleine onderschatting van de werkelijke concentraties.

Voor het grootste gedeelte van Nederland, met een gemiddeld tot groot neerslagoverschot (273 mm op grasland en 327 mm op maïsland), wordt de norm voor nitraatconcentratie op zandgronden gehaald in het basisscenario, met een kleine overschrijding voor het bedrijf met 13,5 t/ha op droge zandgrond. In het basisscenario zijn MINAS-eindnormen aangehouden, waarbij op extensieve bedrijven (< 15 ton melk/ha) het toelaatbare N-overschot met 6 tot 154 kg N/ha werd onderschreden. Verdergaande normen zijn weinig effectief voor de verlaging van de nitraatconcentratie in het percolatiewater. Dit komt doordat in dit traject het kosteneffectiever is om de N-bemesting te verlagen op grasland dan op maïsland bij een gematigd bemestingsniveau, terwijl het effect van verlaging van de N-gift met één kg veel groter is op maïsland dan op grasland (bij een gematigd giftniveau).

Voor bedrijven in regio's met een klein neerslagoverschot (185 mm op grasland en 219 mm op maïsland), zoals de Achterhoek en de Peel, zijn de MINAS-eindnormen onvoldoende, zelfs bij een geoptimaliseerde bedrijfsvoering, om aan de nitraatnorm te voldoen. Er zijn daar aanvullende maatregelen nodig. Voor deze gebieden met een klein neerslagoverschot is het kosteneffectiever om gerichte maatregelen te nemen dan om het toelaatbare N-overschot



verder aan te scherpen. Een geschikte maatregel is de teelt van een effectief vanggewas (zoals gras of grasonderzaai) in combinatie met een beperking van de beweiding van melkkoeien tot 8 uur per dag (in ieder geval na 1 juli). Met deze gerichte maatregelen blijven de extensieve bedrijven (< 15 ton melk/ha) op zandgrond in het basisscenario onder de norm van 50 mg/liter percolatiewater. Opmerkelijk is dat op De Marke nitraatconcentraties rond 50 mg/l worden gemeten, ondanks vergaande maatregelen. Voor intensieve bedrijven op zandgrond is het in gebieden met een klein neerslagoverschot nodig om de toelaatbare N-verliezen te beperken in combinatie met bovengenoemde maatregelen. Dit zou bijvoorbeeld het niet in mindering brengen van de diercorrectie op het overschot kunnen zijn, wat voornamelijk effect heeft op intensieve bedrijven met relatief veel maïsland. Dit heeft als bijkomend voordeel dat dit een versimpeling van de wetgeving tot gevolg heeft.

Schröder *et al.* (2004) hebben berekend wat veilige werkzame N-giften voor gras- en maïsland zijn waarbij de nitraatconcentratie onder de 50 mg/liter grondwater en de N-totaalconcentratie in het oppervlaktewater onder de 10 mg/liter blijft. Zij hebben een neerslagoverschot aangehouden van 250-450 mm en een maximale dierlijke mestgift van 250 kg N totaal/ha. Voor grasland met een beperkte beweiding, waarbij de helft van de grasproductie door weidend vee wordt opgenomen en de andere helft wordt gemaaid, waren de veilige giften 308 kg werkzame N/ha op zandgrond met Gt IV en 252 kg werkzame N/ha op zandgrond met een Gt VI. Deze giften zijn iets hoger dan de berekende N-giften in deze studie voor extensieve en normaal intensieve bedrijven en intensieve bedrijven op droge zandgrond, waarbij de N-gift op grasland in het basisscenario varieerde van 140 tot 265 kg werkzame N/ha. Op intensieve bedrijven op normale zandgrond was de berekende N-gift duidelijk hoger met een N-gift van 402 kg werkzame N/ha. Bij een normaal neerslagoverschot bleef dit bedrijf toch onder de 50 mg nitraat/liter percolatie water. Dit kan worden verklaard doordat op dit bedrijf een vanggewas wordt geteeld op maïsland en het melkvee eerder wordt opgesteld in het najaar. Alle berekende werkzame N-giften op maïsland lagen onder de door Schröder *et al.* (2004) aangegeven maximale niveaus.

Op intensieve bedrijven kan onder de MINAS-wetgeving een sterke opbouw van organisch gebonden N in de bodem plaatsvinden door hoge giften organische N met drijf- en weidemest. Op de langere termijn kan dit leiden tot een vergroting van het uitspoelingsrisico onder permanent grasland.

## 5.4 Het lot van het overschot

Het werkelijke overschot in het basisscenario is groot, vooral op intensieve bedrijven en op bedrijven met veel gras/klover-teelt. Het overschot varieerde op de bedrijven op zandgrond tussen 165 en 280 kg/ha. Voor een groot gedeelte van dit overschot (64-158 kg N/ha) is het niet bekend of dit via gasvormige verliezen uit het bedrijfssysteem verdwijnt of dat dit wordt opgeslagen in de bodem. Op basis van het verschil tussen de afvoer van organisch gebonden N in de bodem en de aanvoer van organisch gebonden N via drijf- en weidemest is het aannemelijk dat zeker op intensieve bedrijven de accumulatie in de bodem onder MINAS-eindnormen veel groter is dan 62 kg N/ha. Deze waarden lijken niet uitzonderlijk, op het extensieve bedrijf van 'De Marke' is een gemiddelde toename van de bodemvoorraad gemeten van 40 kg/ha (Aarts *et al.*, 2001). Nieuwe metingen duiden erop dat deze toename op De Marke veel kleiner of zelfs afwezig is (pers. Med. K. Verloop).

## 5.5 Plausibiliteit van modeluitkomsten

Om een indicatie te krijgen van de juistheid van modeluitkomsten is getracht een vergelijking te maken met meetgegevens van proefbedrijf 'De Marke' in de periode 1993-1998 (Aarts *et al.*, 2001). De extensieve bedrijven (115 t/ha) zijn qua intensiteit vergelijkbaar met proefbedrijf 'De Marke' (11.8 t/ha). Het N-overschot van De Marke (156 kg/ha) is echter alleen vergelijkbaar met het bedrijf op normale zandgrond (165 kg/ha). Gezien de kleine hoeveelheid symbiotische N-binding op de balans van 'De Marke', is het oppervlak met een effectief gras/klover-mengsel op 'De Marke' beperkt. Hierdoor is alleen het bedrijf op normale zandgrond met 'De Marke' te vergelijken. Voor dit bedrijf zijn de verliezen op de bodembalans (nitraatuitspoeling, denitrificatie en accumulatie) ook vergelijkbaar met 'De Marke', met een waarde van 128 kg/ha voor 'De Marke' en een berekende waarde van 123,1 kg/ha voor het bedrijf op normale zandgrond. De berekende ammoniakverliezen zijn iets groter dan op 'De Marke' (22 kg/ha versus 41 kg/ha).

Dit komt doordat er op 'De Marke' iets minder wordt beweid en doordat er emissiebeperkende maatregelen zijn genomen.

Op 'De Marke' verdwijnt ongeveer 29 kg N/ha door denitrificatie (Aarts *et al.*, 2001). Op basis van een gemiddeld neerslagoverschot van 300 mm (pers. med. L.J.M. Boumans) en een gemiddelde nitraatconcentratie van 55 mg/l spoelt ongeveer 37,3 kg/ha uit. In de berekeningen voor het bedrijf op normale zandgrond denitrificeert er 32,5 kg N/ha en spoelt 26,4 kg N/ha uit. Het verschil met 'De Marke' komt deels door de verschillen in bodemtype (droge zandgrond op delen van 'De Marke') en gewasrotatie.

In het project Koeien & Kansen (K&K) zijn relaties opgesteld tussen werkelijk overschot en nitraatuitspoeling voor zandgronden voor 3 meetjaren (Oenema *et al.*, 2002). In deze relatie is te zien dat intensieve bedrijven een groter werkelijk overschot realiseren, tot ongeveer 225-325 kg N/ha. De berekende overschotten op de intensieve bedrijven zijn vergelijkbaar met een werkelijk overschot van 260-280 kg N/ha. Op extensieve bedrijven zijn deze overschotten in K&K ongeveer 150-215 kg N/ha. De berekende waarden voor het extensieve bedrijf op normale zandgrond valt binnen deze spreiding met 165 kg N/ha.

In deze studie zijn nitraatconcentraties berekend voor bedrijven op zandgrond die onder de 50 mg/liter percolatiewater liggen bij een normaal neerslagoverschot bij een relatief groot werkelijk N-overschot van 165 tot 280 kg N/ha. Uit de cijfers van K&K-bedrijven lijkt een beeld te komen dat een dergelijke lage nitraatconcentratie alleen kan voorkomen bij een werkelijk overschot tussen 140 en 160 kg N/ha (Ten Berge & Hack-Ten Broeke, 2004). Echter, in K&K is vooral getracht om te voldoen aan MINAS-eindnormen; er is niet specifiek gestuurd op een lage nitraatconcentratie. Tevens vindt een duidelijke verbetering van het management plaats gedurende het project. Het lijkt dan ook goed mogelijk om de nitraatconcentratie op de K&K-bedrijven verder te verlagen. Eén van de voorbeelden is het beperkte gebruik van een vanggewas (gemiddeld tussen 36% en 50% van het areaal maïs) in K&K, waarvan de effectiviteit in termen van N-opname varieert (in 50-75% is er sprake van een geslaagde nateelt, persoonlijke mededeling J. Oenema & K. Verloop). Een verdere toename van de teelt van maïs in combinatie met een effectief vanggewas (bijvoorbeeld ondergezaaid gras) kan een relatief sterk effect hebben op de nitraatuitspoeling, terwijl het werkelijke overschot niet sterk verandert. Dit duidt erop dat er mogelijk alternatieven zijn om bij hogere overschotten toch onder de 50 mg/liter percolatiewater te blijven.

Een verdere verbetering van het bedrijfsmanagement op praktijkbedrijven zal vooral invloed hebben op de hoeveelheid minerale N op het bedrijf. Dit komt door een verminderd gebruik van kunstmest, een verbeterde voeding en mogelijk een lager N-gehalte in de mest (urine) en minder verliezen door ammoniakvervluchtiging. De invloed op de hoeveelheid organisch gebonden N is veel kleiner. Doordat vrijwel geen mest hoeft te worden afgevoerd onder MINAS-eindnormen, blijft de organische-N-bemesting bij een verscherpt bedrijfsmanagement hoog. Dit kan betekenen dat een groot werkelijk overschot op de korte termijn niet tot een hoge nitraatuitspoeling hoeft te leiden, zolang een groot deel in de bodem accumuleert.

Er is nog veel onzekerheid over de effecten van hoge organische-N-bemestingsniveaus op de langere termijn. Een verhoogde organische-N-voorraad in de bodem kan leiden tot een groter N-uitspoelingsrisico door een verhoogde mineralisatie. Indien daar rekening mee wordt gehouden door een verlaging van de kunst- en drijfmestgift, kan deze extra N-mineralisatie mogelijk voor een groot gedeelte worden benut. Dit kan betekenen dat intensieve bedrijven op de langere termijn ofwel de kunstmestgiften verder moeten verlagen of meer mest moeten afvoeren.

De berekende nitraatconcentratie met FARMMIN is vergeleken met de gemeten nitraatconcentratie in 2003 op 8 K&K-bedrijven op zandgrond. De berekende nitraatconcentratie kwam redelijk goed overeen met de gemeten nitraatconcentratie (zie Bijlage III). De gemeten neerslagoverschotten in de periode april 2002 tot en met maart 2003 waren vergelijkbaar met de gemiddelden die in dit rapport zijn aangehouden.

Geconcludeerd kan worden dat de berekende overschotten op de bodembalans goed overeenkomen met 'echte' bedrijven. In eerste instantie lijken de berekende denitrificatie en uitspoeling op het bedrijf op normale zandgrond binnen redelijke grenzen te liggen. Dit wordt bevestigd door de redelijk goede resultaten van de validatie van het gebruikte modelinstrumentarium.

## 5.5 Belangrijkste conclusies

1. De aanscherping van de toelaatbare N-overschotten reduceert de nitraatconcentratie in beperkte mate, zeker gezien de grote reductie in het toelaatbare overschot. Alleen het niet meerekenen van de diercorrectie heeft duidelijk effect op intensieve bedrijven.
2. Verkleining van de toelaatbare N-verliezen verhoogt de kostprijs sterk. De arbeidsopbrengst van de ondernemer daalt met € 1000 tot € 2300 op intensieve bedrijven als de diercorrectie achterwege blijft. Indien ook de depositie wordt meegeteld als aanvoerpost daalt de arbeidsopbrengst met nog eens € 0 tot € 4500.
3. Bij een klein neerslagoverschot is de MINAS-wetgeving **onvoldoende** om het nitraatgehalte in het percolatiewater onder de 50 mg per liter te brengen, zelfs bij een geoptimaliseerde bedrijfsvoering waarbij het toelaatbare overschot op extensieve bedrijven werd onderschreden.
4. Met gerichte maatregelen in probleemgebieden, zoals het verplicht stellen van een vanggewas en beperking van de beweiding, in combinatie met afschaffing van de diercorrectie, blijven alle bedrijven (ook bij een klein neerslagoverschot) onder 50 mg nitraat per liter percolatiewater.
5. Bij een gemiddeld neerslagoverschot blijven onder MINAS-eindnormen melkveehouderijbedrijven onder 50 mg nitraat per liter percolatiewater, bij een geoptimaliseerde bedrijfsvoering die mede gericht was op verlaging van de nitraatuitspoeling door specifieke maatregelen, waarbij het toelaatbare overschot op extensieve bedrijven werd onderschreden.
6. Onder MINAS-eindnormen vindt er op intensieve bedrijven een sterke accumulatie van organische N in de bodem plaats. Op de lange termijn geeft dit een verhoogd risico op een grotere nitraatuitspoeling als de extra mineralisatie niet wordt benut voor gewasproductie.
7. Een beperkte aanscherping in de wetgeving van de eindnormen (achterwege laten van de diercorrectie) leidt tot een aanpassing van de bemesting tot een niveau rond de 200-250 kg/ha grasland. In verdergaande scenario's daalt de N-bemesting tot 102-174 kg/ha.
8. Bij de huidige mestafzetprijzen behalen de intensieve bedrijven een hoger arbeidsinkomen dan de extensieve bedrijven, zelfs onder zeer strenge normen. Het is dan ook niet te verwachten dat de melkveehouderij extensiveert, indien de prijs voor mestafzet niet sterk toeneemt.



## 6. Referenties

- Aarts, H.F.M., J.G. Conijn & W.J. Corré, 2001.  
De stikstofhuishouding van bodem en gewas en invloed daarvan op het nitraatgehalte van het grondwater van 'De Marke'. In: H. Van Keulen & J. Oenema (Eds), Nitraatbeleid: de wetenschap, de sector en het beleid: nationaal symposium over normen, onderzoeksresultaten en praktijk, met speciale aandacht voor melkveehouderij op zandgrond Wageningen, Plant Research International, Rapport 30.
- Alem, G.A.A. van & A.T.J. van Scheppingen, 1993.  
The development of a farm budgetting program for dairy farm. XXV CIOSTA-CIGR Congress, Lelystad, pp. 326-331.
- Boumans, L.J.M., C.R. Meinardi & G.J.W. Krajenbrink, 1989.  
Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Rapport 728472013.
- Berge, H.F.M. ten, 2002.  
A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Wageningen, Plant Research International, Rapport 31.
- Berge, H.F.M. ten & M.J.D. Hack-ten Broeke, 2004.  
Synthese van de milieuresultaten behaald in de Nitraatprojecten. Wageningen, Plant Research International, Rapport 75A.
- Berge, H.F.M. ten, J.C.M. Withagen, F.J. de Ruijter, M.J.W. Jansen & H.G. van der Meer, 2000.  
Nitrogen responses in grass and selected field crops. Wageningen, Plant Research International, Rapport 24.
- Conijn, J. G. & P. Henstra, 2003.  
Effecten van bemestingsstrategieën op grasopbrengsten en stikstofverliezen onder gemaaid grasland. Wageningen, Plant Research International, Rapport 66.
- Doornewaard, G.J., A.C.G. Beldman & C.H.G. Daatselaar, 2002.  
Resultaten melkvee 2001. Trendanalyse 1997-2001. Houten, Praktijkcijfers 2.  
<http://www.praktijkcijfers.nl/melkvee/resultaten/>
- Ennik, G.C., 1982.  
De bijdrage van witte klaver aan de opbrengst van grasland. Landbouwkundig Tijdschrift 94: 363-369.
- Evert, F.K. van, H.G. van der Meer, H.F.M. ten Berge, B. Rutgers & S.L.G.E. Burgers, 2002.  
MINAS determines nitrogen fertilization on Dutch farms. In: F.J. Villalobos & L. Testi (Eds), VII Congress of the European Society of Agronomy, Córdoba, Spain, 15-18 July 2002, pp. 721-722.
- Evert, F.K. van, H.F.M. ten Berge, H.G. van der Meer, B. Rutgers, A.G.T. Schut & J.J.M.H. Ketelaars, 2003.  
FARMMIN: Modeling Crop-Livestock Nutrient Flows. ASA-CSA-SSSA Annual Meeting 2003, Denver, Co, USA, Annual Meetings Abstract 2003, CD-ROM.
- Galama, P.J., A.G. Evers, G.J. Gotink, M.H.A. de Haan, C.J. Hollander, G.C.P.M. van Laarhoven & E.A.A. Smolders, 2002. Vee in balans. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij, Koeien & Kansen, Rapport 12.
- Hilhorst, G.J. & J. Oenema, 2001.  
De stikstofhuishouding van bodem en gewas en invloed daarvan op het nitraatgehalte van het grondwater van 'De Marke'. In: H. Van Keulen & J. Oenema (Eds), Nitraatbeleid: de wetenschap, de sector en het beleid : nationaal symposium over normen, onderzoeksresultaten en praktijk, met speciale aandacht voor melkveehouderij op zandgrond. Wageningen, Plant Research International, Rapport 30.
- Kamp, A. van der, 2002.  
Prognose technische, maatschappelijke en economische gevolgen. Evaluatie mestbeleid 2002.  
[http://arch.rivm.nl/milieu/Bodem/emb/ConcRap\\_%20CI%205\\_%20EvaluatieMeststoffenwet\\_2002%20versie\\_3\\_0.pdf](http://arch.rivm.nl/milieu/Bodem/emb/ConcRap_%20CI%205_%20EvaluatieMeststoffenwet_2002%20versie_3_0.pdf)
- Kroes, J.G., P.J.T. van Bakel, J. Huygen, T. Kroon & R. Pastoors, 2001.  
Actualisatie van de hydrologie voor STONE 2.0. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Rapport 298.

- Oenema, J., H.F.M. ten Berge, C.J. de Jong & B. Fraters, 2002.  
Stikstofoverschotten in 'Koeien & Kansen' en de relatie met nitraatconcentratie in grond- en oppervlaktewater. Wageningen, Plant Research International, Rapport 49.
- PR, 1997.  
Handboek melkveehouderij. Lelystad, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR).
- Mandersloot, F., A.T.J. van Scheppingen & J.M.A. Nijssen, 1991.  
Modellen rundveehouderij: overzicht en onderlinge samenhang modellen voor simulatie van melkveebedrijven. Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij, Rapport 72.
- Reijneveld, J.A., 2000.  
'Typical Dutch': zicht op verscheidenheid binnen de Nederlandse melkveehouderij. Wageningen, Plant Research International, Rapport 8.
- RIVM, 2002.  
Stikstofdepositie, landelijk beeld 2001. <http://www.rivm.nl/milieuennatuurcompendium/nl/i-nl-0189-03.html>
- Schröder J., L. ten Holte, W. van Dijk, W.J.M. de Groot, W.A. de Boer & E.J. Jansen, 1992.  
Effecten van wintergewassen op de uitspoeling van stikstof bij de teelt van snijmais. Lelystad, PAGV, Rapport 148.
- Schröder J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.  
Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Wageningen, Plant Research International, Rapport 79.
- Smit, A.L., W. van Dijk, J.R. van der Schoot, B.H.C. van der Waal, L.J.M. Kater, W.J.M. Hazelaar, R. Schreuder, F.J. de Ruijter, A.G.T. Schut & M.H.A. de Haan, 2003.  
Kosteneffectieve maatregelen(pakketten) om voor de sectoren vollegroondsgroenten, bollen en veehouderij te voldoen aan MINAS2003-eindnormen. Wageningen, Plant Research International, Rapport 61.
- Tamminga, S., A.W. Jongbloed, M.M. van Eerd, H.F.M. Aarts, F. Mandersloot, N.J.P. Hoogervorst & H. Westhoek, 2000.  
De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Lelystad, ID-Lelystad, Rapport 00-2040R.
- Zom, R.L.G., 2002.  
Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. Lelystad, Praktijkonderzoek Veehouderij, Praktijkrapport Rundvee 11.

# **Bijlage I.**

## **Algemene invoergegevens**

CalInfo_ConcReq	236	DefaultSymbioseCorn_DefaultInput	0
CalInfo_DVEReq	278	DefaultSymbioseCorn_Input	0
CalInfo_FinalWeight	300	DefaultSymbioseGrass_DefaultInput	0
CalInfo_GainNContent	0.029	DepositionScript_NDeposition	50
CalInfo_GainPContent	0.0126	DistributeManures_DistrFactor	0
CalInfo_GrowthInterval	365	DistributeManures_FracN2OemissionFertilizer	10
CalInfo_ManureFracNEff	0.6	DistributeManures_FracN2OemissionGrazing	25
CalInfo_StartingWeight	45	DistributeManures_MaxPManure	74.0714285714286
CalInfo_VEMreqSummer	4551	DistributeManures_minimumExport	0
CalInfo_VEMreqWinter	4076	FarmInfo_EffFeeding	0.95
CatchCropInput_NInputFromCatchCrop	20	FarmInfo_EffGrazing	0.82
CattleManureExported_ManureExportPrice	0.126	FarmInfo_EffMowing	0.95
Corn_AICrit	0.01	FarmInfo_FracNLossApplication	0.1
Corn_AIMax	0.0145	FarmInfo_HaCornWithCatchCrop	0.00
Corn_AIMin	0.007	FarmInfo_HaCornWithGrass	0.00
Corn_DVE_A	48	FinancialScript_Nlewy	6.8067
Corn_DVE_B	0	FinancialScript_Plewy	62.3922
Corn_DVE_C	0	Grass_AICrit	0.032
Corn_N2OemissionHa	900	Grass_AIMax	0.044
Corn_NMinHparA	1.25	Grass_AIMin	0.025
Corn_NMinHparB	0.42	Grass_cloverDVE_A	130
Corn_NMinHparC	0.061	Grass_cloverDVE_B	0
Corn_NMinHparD	10.8	Grass_cloverDVE_C	0
Corn_NMinHparE	-0.036	Grass_cloverOEB_A	70
Corn_NMinHZero	35	Grass_cloverOEB_B	0
Corn_OEB_A	-24	Grass_cloverOEB_C	0
Corn_OEB_B	0	Grass_cloverVEM	1000
Corn_OEB_C	0	Grass_DVE_A	35.56465
Corn_Precipitation	345	Grass_DVE_B	29.596231
Corn_Rholni	0.7	Grass_DVE_C	-2.764483
Corn_VEM	900	Grass_GrassCloverBasicNSupply	75
Corn_YCritRel	0.9	Grass_NMinHparA	0.83
CornSilage_DVE_A	31.77169	Grass_NMinHparB	0.99
CornSilage_DVE_B	14.53349	Grass_NMinHparC	0.0068



CornSilage_DVE_C	0	Grass_NMinHparD	373
CornSilage_EffConservationDM	0.93	Grass_NMinHparE	-0.0034
CornSilage_EffConservationNP	0.965	Grass_NMinHZero	20
CornSilage_EffConservationVEM	0.91	Grass_NoGrazingIncrease	1.3
CornSilage_OEB_A	-73.26835	Grass_OEB_A	-114.242873
CornSilage_OEB_B	27.65622	Grass_OEB_B	36.208947
CornSilage_OEB_C	5.565939	Grass_OEB_C	2.358751
CowFeedSurplusRequirement_DVEFeedRequirement-Factor	1.02	Grass_Precipitation	450
CowFeedSurplusRequirement_VEMFeedRequirement-Factor	1.05	Grass_PureCloverDMYield	6120
CowInfo_CalfNContent	0.029	Grass_PureCloverNuptake	356.6
CowInfo_CalfPContent	0.0128	Grass_Rholni	0.85
CowInfo_CalfWeight	25	Grass_UrineNuptake	0
CowInfo_CalvesPerYear	0.6	Grass_VEM	980
CowInfo_CowSummerDays	150	Grass_YCritRel	0.9
CowInfo_GainCowNContent	0.025	GrassSilage_DVE_A	31.77169
CowInfo_GainCowPContent	0.0068	GrassSilage_DVE_B	14.53349
CowInfo_GrazeHours	20	GrassSilage_DVE_C	0
CowInfo_LiveWeight	600	GrassSilage_EffConservationDM	0.93
CowInfo_LiveWeightGainCow	25	GrassSilage_EffConservationNP	0.925
CowInfo_ManureFracNEff	0.6	GrassSilage_EffConservationVEM	0.93
CowInfo_MilkNContent	0.0053	GrassSilage_OEB_A	-73.26835
CowInfo_MilkPContent	0.0009	GrassSilage_OEB_B	27.65622
GrassSilage_OEB_C	5.565939	PigManure_Fraction	1
GrazingManureToPasture_Fraction	1	rationmaker_CalvesMaxCornInWinter	344
HeiferInfo_ConcReq	174	rationmaker_CornSilagePrice	0.02304
HeiferInfo_DVEReq	376	rationmaker_CowConcSummer	5.10252054794521
HeiferInfo_FinalWeight	520	rationmaker_CowConcWinter	5.10252054794521
HeiferInfo_GainNContent	0.029	rationmaker_CowGrazeCap	1
HeiferInfo_GainPContent	0.0083	rationmaker_CowGrazeHours	20
HeiferInfo_GrowthInterval	365	rationmaker_CowSummerSupplSilage	4
HeiferInfo_HeiferSummerDays	150	Rationmaker_GrassConservationCost	124
HeiferInfo_ManureFracNEff	0.6	rationmaker_GrassSilagePrice	0.03112
HeiferInfo_StartingWeight	300	rationmaker_HeifersMaxCornInWinter	160
HeiferInfo_VEMreqSummer	7746	rationmaker_MaxVemOverFeeding	1.27
HeiferInfo_VEMreqWinter	6825	rationmaker_OEB_Cows	-1000
Kas_CornN	20	UrineCalc_ANmManure	-0.0058
Kas_GrassN	150	UrineCalc_ANO3	0
		UrineCalc_BNmManure	0.0465

ManureStorage_FracN2Oemission	UrineCalc_BNO3	1
ManureStorage_FracNLossBarnAndStorage	UrineCalc_CNmManure	-0.0008
Minas_HaNatuurgras	UrineCalc_CN03	0
Minas_HaNatuurterrein	UrineCalc_FirstGrazingDayCalves	121
Minas_HaOverigBouwland	UrineCalc_FirstGrazingDayCows	121
Minas_HaUitspGevN	UrineCalc_FirstGrazingDayHeifers	121
Minas_HaUitspGevP	UrineCalc_LastDayCompleteUrineUptake	182
NH3Losses_FracNLossGrazing	UrineCalc_LastDayGrowingSeason	304
	UrineCalc_NitrificationLossFraction	0.4
rationmaker_BoughtCornSilage		dm=0.32 [kg/kg];vem=288 [VEM/kg]; dve=15 [gDVE/kg]; OEB=-8[OEB]; N=0.004256 [kg/kg];P=0.000704 [kg/kg];price=0.03744 [EUR/kg]
rationmaker_BoughtGrassSilage		dm=0.45[kg/kg];vem=389 [VEM/kg];dve=31.7 [gDVE/kg]; OEB=24.5 [OEB];N=0.01418 [kg/kg];P=0.0018 [kg/kg];price=0.05835 [EUR/kg]
rationmaker_NrichConcentrate		dm=0.9 [kg/kg];vem=940 [EUR/kg];
rationmaker_StandardConcentrate		[VEM/kg];dve=120[gDVE/kg];OEB=25[OEB];N=0.032[kg/kg];P=0.0072[kg/kg];price=0.18[EUR/kg]
KAS_KASinfo		dm=0.9 [kg/kg];vem=940 [VEM/kg];dve=90 [gDVE/kg];OEB=0[OEB];N=0.024 [kg/kg];P=0.0045 [kg/kg];price=0.14004 [EUR/kg]
GrazingManureToPasture_AttrBatch		N=0.27 [kg/kg]; NEFF=0.27 [kg/kg]; P=0 [kg/kg]; DM=1 [kg/kg]; Price=0.1497 [EUR/kg] NEFF=0 [kg/kg]

# **Bijlage II.**

## **Bedrijfsspecifieke invoergegevens**

Intensiteit (ton melk/ha)	Droog zand				Klei				Normaal zand				Veen
	11,5	13,5	19,5	11	4,5	8,8	13,5	17	11,5	13,5	19,5	11	
Corn_Area	8	7	9	4,5	9	8	7	9	8	7	9	0	
Corn_USoil	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	148	
Corn_YMax	11556	11556	11556	13533	13533	13533	13533	13533	13533	13533	13533	10644	
CowInfo_CowSummerDays	150	150	122	171	151	180	180	151	180	180	122	154	
CowInfo_GrazeHours	20	8	8	20	8	20	8	8	20	8	8	20	
CowInfo_MilkProduction	7420	7942	8046	7994	8099	7420	7942	8099	7420	7942	8046	7942	
FarInfo_HaCorn	8	7	9	4,5	9	8	7	9	8	7	9	0	
FarInfo_HaCornWithCatchCrop	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	
FarInfo_HaCornWithGrass	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FarInfo_HaGrass	28	24	15,5	46,5	22	28	24	22	28	24	15,5	32	
FarInfo_NumCalves	20,3	19,25	21,7	32,5	23,8	25,2	24,2	23,8	25,2	24,2	21,7	16,1	
FarInfo_NumCows	58	55	62	73	68	58	55	68	58	55	62	48	
FarInfo_NumHeifers	20,3	19,25	21,7	32,5	23,8	25,2	24,2	23,8	25,2	24,2	21,7	16,1	
FarInfo_SoilType	3	3	3	1	1	4	4	1	4	4	4	2	
Grass_Area	28	24	15,5	46,5	22	28	24	22	28	24	15,5	32	
Grass_GrassCloverBasicNSupply	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	
Grass_GrasslandAreaFractionGrassClover	1	0,3	0,2	0	0	0,3	0,3	0	0,3	0,3	0	0	
rationmaker_CowSummerSupplSilage	4	8	8	4	8	4	8	8	4	8	8	4	

## Bijlage III.

# Validatie berekende nitraatconcentraties

Met medewerking van B. Rutgers, J. Oenema & H.G. van der Meer

Het model FARMMIN, zoals beschreven in hoofdstuk 3.4, is gevalideerd met meetgegevens die verzameld zijn op de praktijkbedrijven in het project Koeien en Kansen (K&K) in de periode 1998-2004. De configuraties van de K&K-bedrijven (veebezetting, gewasoppervlakten etc.) zijn gebruikt om met FARMMIN berekeningen te maken. In deze bijlage wordt alleen aandacht besteed aan de berekening van de nitraatuitspoeling. Een uitgebreide rapportage waarin verschillende uitkomsten van FARMMIN worden vergeleken met meetgegevens is in voorbereiding.

### Aanpassing van modelinput aan individuele bedrijven

De gebruikte invoergegevens voor FARMMIN in dit rapport zijn afgestemd op gemiddelde bedrijfsomstandigheden voor de gewasproductie. Individuele bedrijven kunnen daar (sterk) van afwijken, doordat er meer of minder stikstof mineraliseert, de beschikbare hoeveelheid water voor gewasproductie sterk afwijkt etc. Hierdoor kan de gebruikte omschrijving van de gewasproductie af gaan wijken van de praktijk op individuele bedrijven. De parameters voor de maximale gewasproductie ( $Y_{max}$ ) en stikstoflevering uit de grond ( $U_0$ ) zijn aangepast waar dat nodig was om de berekende gewasproducties af te stemmen op de praktijk. Op één bedrijf werden erwten geteeld. De extra stikstof-input door symbiotische stikstofbinding van de erwten is meegerekend door de  $U_0$  te verhogen met 15 kg/ha. De erwten zijn verder als gras meegerekend.

Op basis van de K&K-bedrijfsgegevens uit 2002 zijn berekeningen gemaakt met FARMMIN, waarbij de aan- en afvoer van ruw- en krachtvoer is vergeleken. Hieruit bleek dat op een aantal bedrijven de berekende ruwvoerproductie afweek van de gemeten (of geschatte) voerproductie, soms werd er te veel en soms te weinig productie berekend. Op basis van deze berekeningen is op 4 bedrijven de maximale gewasproductie ( $Y_{Max}$ ) met 10 tot 15% verhoogd en één bedrijf met 25%. Op één bedrijf is de  $Y_{Max}$  met 15% verlaagd.

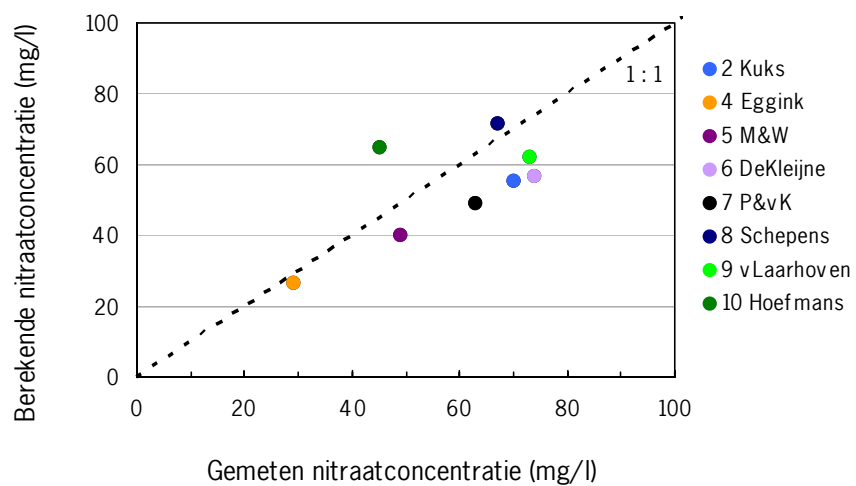
### Validatie nitraatconcentratieberekeningen

Met deze aanpassing van de invoer zijn de bedrijven op zandgrond doorgerekend voor de bedrijfssituatie van 2002. In de berekening van de nitraatconcentratie is gebruik gemaakt van RIVM-schattingen van het neerslagoverschot in de periode april 2002 tot en met maart 2003. Het neerslagoverschot bedroeg gemiddeld 249 mm op gras en 302 mm op maïs, met als laagste waarde 191 mm op gras en 260 mm op maïs (op het bedrijf van Schepens). Er is rekening gehouden met de oppervlakte droge en natte zandgrond op de bedrijven. De werkelijke denitrificatie op deze bedrijven is niet bekend. Er is eenzelfde denitrificatieverlies aangehouden als in hoofdstuk 3.4, met voor droge en normale zandgronden een denitrificatieverlies van respectievelijk 17% en 35%. De berekende nitraatconcentraties zijn vergeleken met metingen van het bedrijfsgemiddelde nitraatgehalte in 2003 in het bovenste grondwater van de betreffende K&K-bedrijven.

Het management van de K&K-bedrijven is opgelegd aan FARMMIN, het gerealiseerde (werkelijke) balansoverschot van het betreffende K&K-bedrijf is opgelegd aan FARMMIN.

### Resultaten

De berekende nitraatconcentraties kwamen redelijk tot goed overeen met de gemeten concentraties. De punten in Figuur III.1 zijn redelijk verdeeld rond de 1:1-lijn, ondanks de vrij grote onzekerheid over de werkelijke denitrificatie. Op bedrijven met een hoge nitraatconcentratie lijkt FARMMIN de nitraatconcentratie licht te onderschatten.



*Figuur III.1. Gemeten versus berekende nitraatconcentratie in 2003 op 8 bedrijven die onderdeel uitmaken van het K&K-project.*